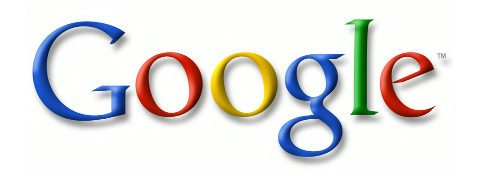








Katechismus

der

STÖCHIOMETRIE.

Für

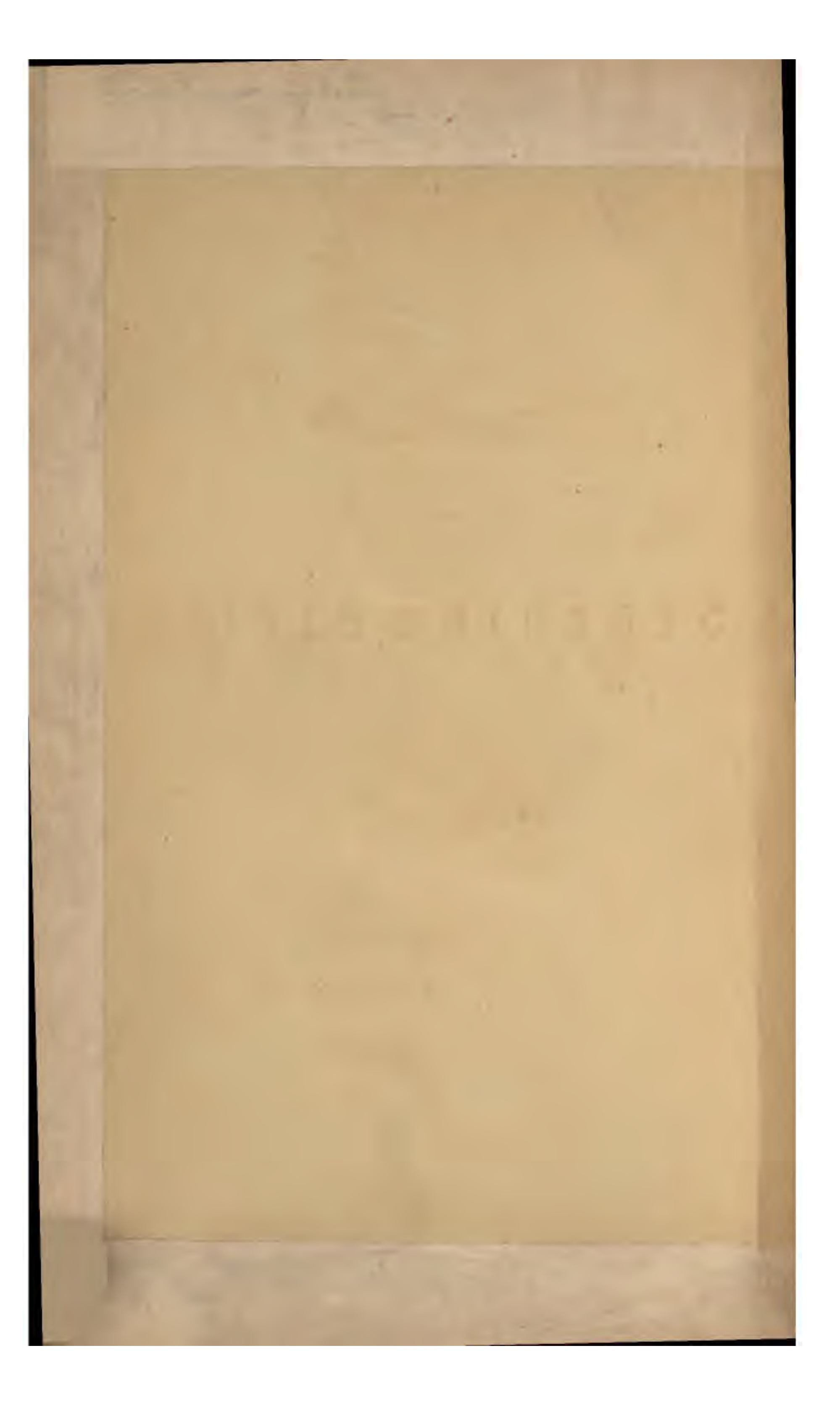
Pharmaceuten, studirende Mediciner, Chemiker
und Techniker.

Von

Albert Frickhinger.

Fünfte vermehrte Auflage.

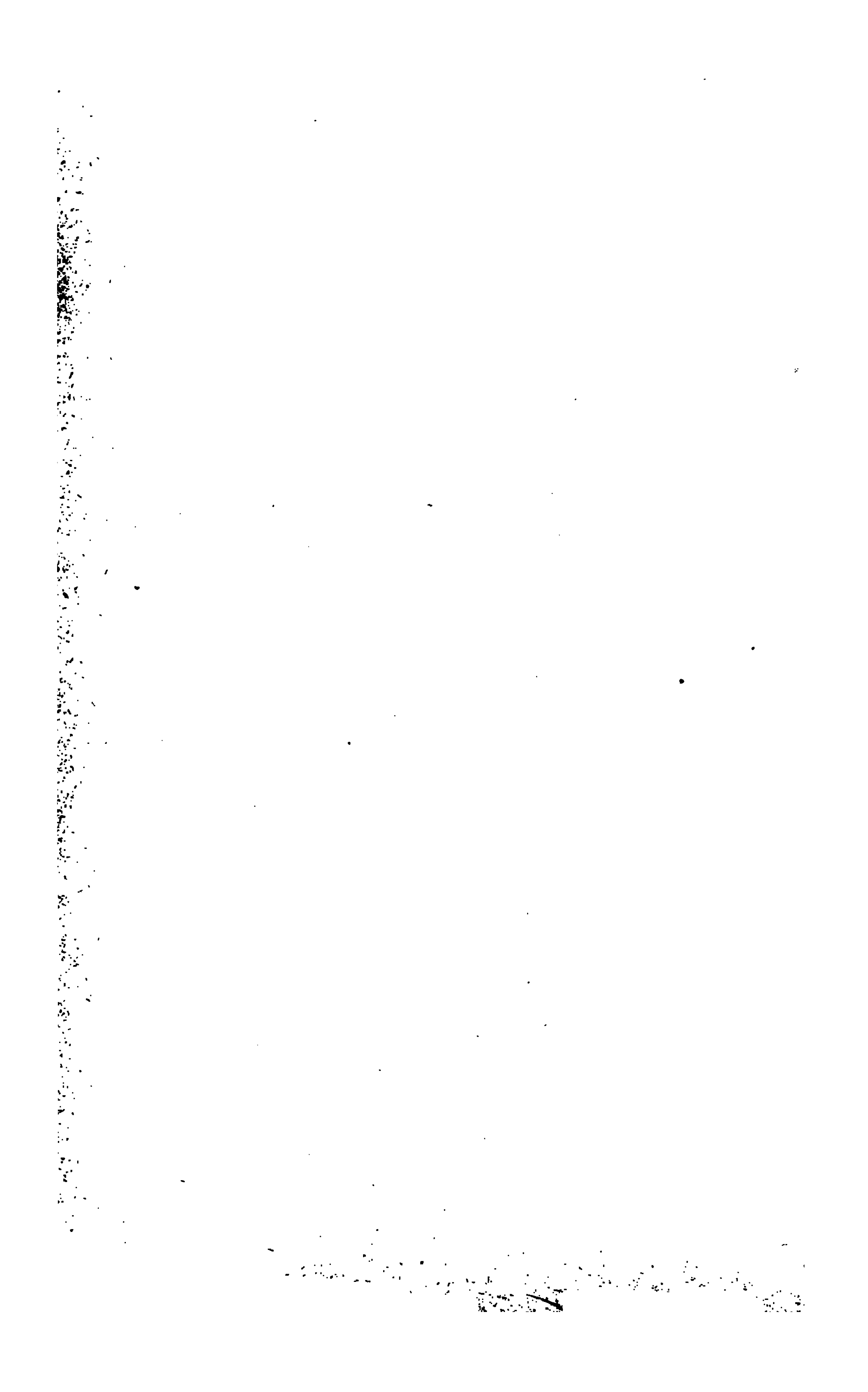
Nördlingen.
Druck und Verlag der C. H. Beck'schen Buchhandlung.
1873.



Katechismus

der

Stöchiometrie.



Katechismus

der

STÖCHIOMETRIE.

Für

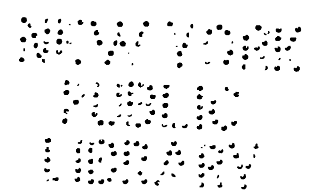
Pharmaceuten, studirende Mediciner, Chemiker und Techniker.

Von

Albert Frickhinger.

Fünfte vermehrte Auflage.





Nördlingen.

Druck und Verlag der C. H. Beck'schen Buchhandlung.

1873.

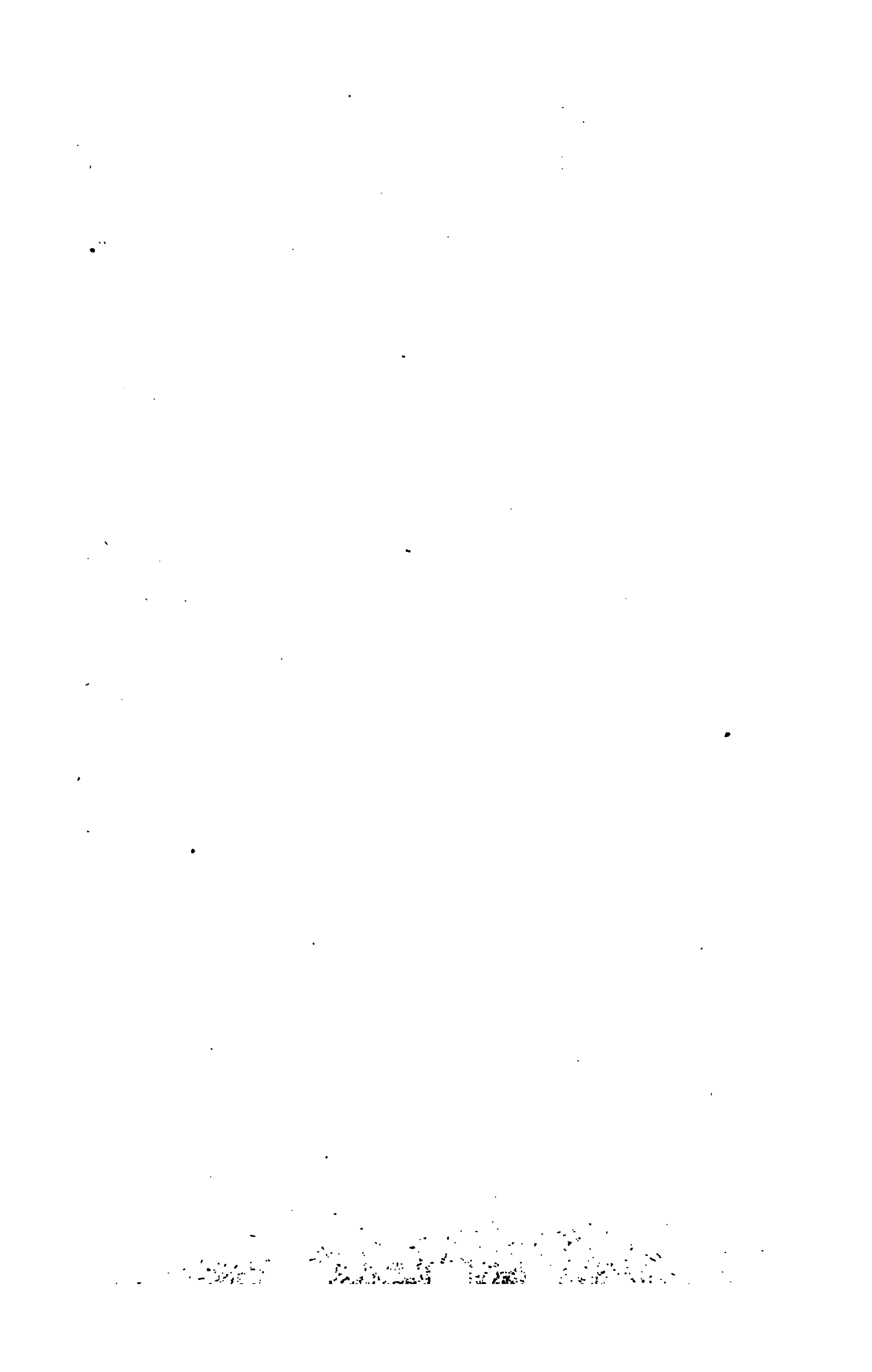
Herrn

Dr. Max von Pettenkofer,

ordentl. öff. Professor an der Ludwigs-Maximilians-Universität zu München, Mitglied der Königl. Bayer. Akademie der Wissenschaften, Vorstand des Obermedicinalausschusses etc. etc.

in aufrichtiger Hochachtung

der Verfasser.



Vorwort zur ersten Auflage.

Der vorliegende Katechismus zerfällt in den arithmetischen und in den chemischen Theil, welchen letzteren man eigentlich wieder in den chemisch praktischen Theil und in den vorzugsweise theoretischen Theil trennen könnte. Der arithmetische Theil erörtert dasjenige aus der Arithmetik, was zum Verständnisse des chemischen Theiles nothwendig ist; er umfasst Frage 1—20. Der chemisch praktische Theil macht mit den von den Chemikern für die interessantesten Verbindungen festgesetzten Formeln und Aequivalentzahlen bekannt; er lehrt ferner die praktische Anwendung der Formeln und die der Aequivalentzahlen an correspondirenden Exempeln, deren Auswahl mit Sorge so getroffen wurde, dass durch möglichst wenige die verschiedensten Anwendungsarten gezeigt werden konnten. Diese Exempel werden den mit der Anwendung der Stöchiometrie in der praktischen Chemie noch wenig Vertrauten auf eine überraschend schnelle Weise mit dem Nutzen der Stöchiometrie bekannt machen. Wo es erforderlich schien, sind diesen Exempeln Notizen beigegeben, welche streng genommen der Stöchiometrie fremd sind. Dies wird dadurch entschuldigt werden, dass eine derartige Lehre blos dann fruchtbringend werden kann, wenn man unaufhörlich auf den praktischen Nutzen hindeutet und keine Gelegenheit vorübergehen lässt, zu zeigen, dass die dem Anfänger in der praktischen Anwendung oft starr entgegentretenden Hindernisse meistens

blos imaginär sind. Dieser Theil wird von den Fragen 21 bis 40 gebildet; es ist in ihm, obwohl er nach der gewöhnlich eingehaltenen Ordnung den letzten Theil bilden würde, das Wort „Stöchiometrie“ geflissenttich noch gar nicht genannt.

In den Fragen 41—74 endlich, welche man den dritten und theoretischen Theil nennen könnte, sind die Wege gezeigt, wie man zu den hauptsächlichsten Resultaten der Aequivalententafeln in Frage 27 und 37 gelangt ist. Es sind die speculativen Hypothesen dargestellt, die man mit der Aequivalentenlehre verbunden hat, um den Geist über die Erscheinung der Aequivalente zu befriedigen; gleichzeitig wurde auf die Modificationen aufmerksam gemacht, die aus jenen Hypothesen für die Aequivalente mancher Körper hervorgehen.

In dieser Scheidung der Thatsache von der Theorie glaubt der Verfasser das beste Mittel zu erkennen, Anfänger schnell und sicher auf den rechten Standpunkt zu führen.

Nördlingen, den 1. Oktober 1843.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Der Anfänger hat häufig das Vorurtheil, die Lehre der Stöchiometrie sei schwer zu begreifen, was endlich in ein Misstrauen umschlägt, welches allerdings dem Begreifen hindernd in den Weg tritt. Dieses Misstrauen ist, vorausgesetzt keinen Mangel an gesundem Menschenverstande, hauptsächlich auf Ursachen zurückzuführen.

Erstens glauben die Anfänger nur zu häufig, dass zum ehen dieser Lehre mathematische Kenntnisse nothwendig , welche sie häufig nicht besitzen. Ein mathematisch geer Kopf wird nun freilich in gewissen Fällen, z. B. bei indirecten Analyse, einen Vorsprung haben und sich vielselbst eine Formel bilden können: allein zum Verstehen chiometrischen Lehren, so weit sie für den Pharmaceuten

und für Jeden, der nicht Chemiker ex professo ist, in diesem Katechismus auseinandergesetzt sind, reichen die als Beantwortung der ersten 20 Fragen erörterten Sätze aus der Arithmetik aus. Eine genaue Bekanntschaft und gewandte Handhabung dieser ist aber durchaus unerlässlich.

Der zweite Grund liegt darin, dass man häufig beim Anfänger die Ansicht festgewurzelt findet, es seien die Ursachen der unveränderlichen Verbindungsverhältnisse mathematisch zu begreifen, oder es liege nur an ihm der Fehler, wenn er bei der Aequivalentzahl eines Körpers sich nicht etwas so Concretes oder Bestimmtes denken kann, als etwa bei 64 Loth. Abgesehen nun davon, dass alle Aequivalentzahlen allerdings die Ausdrücke einer und derselben Gewichtseinheit sind, so kann man es nicht oft genug wiederholen, dass die Aequivalentzahlen keinen absoluten, sondern nur einen relativen Werth haben.

Hiezu gesellt sich noch der Umstand, dass der Anfänger häufig Atomgewicht und Aequivalent in allen Fällen für gleichbedeutend hält und deswegen die Hypothesen aus dem Auge lässt, die bei manchen Körpern die Atomgewichte von den Aequivalentzahlen abweichen machen. So oft er nun eine stöchiometrische Zahl für einen solchen Körper in verschiedenen chemischen Werken aufsucht, findet er, je nachdem der Autor das Atomgewicht oder die Aequivalentzahl angibt, und je nachdem eine andere Hypothese bei Bestimmung des Atomgewichts zu Grunde gelegt ist, verschiedene Zahlen vor, was ihm unerklärlich ist und ihn häufig vom weiteren Studium abschreckt.

Um diesem Uebelstande kräftig entgegenzuarbeiten, ist in vorliegendem Katechismus wiederholt auf die Hypothesen hingewiesen, welche bei der Festsetzung der Atomgewichte und Aequivalentzahlen zu Grunde gelegt werden; ja es ist mehr Rücksicht hierauf genommen, als auf den Umstand, in den Berechnungen mit ängstlicher Sorgfalt viele Decimalstellen anzuwenden. Der Anfänger ist im Gegentheil unaufhörlich darauf hinzuweisen, dass diese grosse Genauigkeit entbehrlich sei, und dass sie sogar schädlich ist, sofern sie zu der Meinung ver-

leiten könnte, die Atomgewichte und Aequivalentzahlen aller Körper seien mit absoluter Präcision zu erforschen.

Im Katechismus herrscht Willkür, aber nicht mehr hievon, als zum Lernen förderlich ist, und bei weitem nicht so viel, als man auf den ersten Blick glauben könnte. Er ist nicht ohne logische Disposition verfasst. Hier sein Plan: Decimalbruch. Proportion. Gleichung. Chemische Verbindung. Zeichen und Aequivalente der einfachen Körper. Chemisches Zeichen = Aequivalent. Multiple Verhältnisse. Proportionale, correspondirende Verbindungen. Aechtes, unächtes Aequivalent. Formeln und Aequizalentzahlen für zusammengesetzte Körper. Symbolische Aetiologie. Aufgaben. — Stöchiometrie. Atomistische Lehre. Berthollet's Verwandtschaftslehre. Atom neben Aequivalent. Volumtheorie. Festsetzung der Aequivalentzahlen. Isomorphie. Atomvolum. Thermisches Aequivalent. Analogieen. Salze. Sättigungscapacität. Säuren. Theorie der Radicale in den unorganischen Verbindungen. Typentheorie. Hypothetische Gase. Gasdichten. Aufstellung chemischer Formeln. Indirecte Analyse. Elektrochemisches Aequivalent.

Der Katechismus stellt die Fragen unerwartet, ohne dass er dem Gefragten die Möglichkeit böte, vorher Kenntnisse für die Antwort zu sammeln. Die Fragen sind gleichsam nur die Uebersicht über den in Form der Antwort gefassten Paragraph. Alle Jene, welche Stöchiometrie studiren, beginnen aber damit nicht das Studium der Chemie, sondern haben sich schon in irgend einer Weise Kenntnisse in dieser Wissenschaft verschafft.

Weil der Katechismus nur den Nutzen des Lernenden im Auge hat, wird manche Thatsache, welche streng genommen nicht zur Lehre der Stöchiometrie gehört, nicht nur berührt, sondern wo die Gelegenheit dies nahe rückt, ausführlich besprochen. Die zweite Auflage will hierin dem richtigen Tact der ersten, welche wegen ihrer praktischen Haltung allgemein Eingang gefunden hat, nachfolgen, indem der Verfasser es vorzieht, dem Bedürfnisse des Lernenden die streng logische Gliederung und Abgränzung zu opfern. Die Form der ersten Auflage ist daher geblieben, der Inhalt mannigfach vermehrt.

Für den auf der Höhe der Wissenschaft Stehenden mag die strengste Gliederung, die unerbittliche Ausscheidung alles ferner Liegenden gefordert sein. Für den Lernenden in einer Erfahrungswissenschaft ist es anders. Alles muss ergriffen werden, was zu benützen ist, um den Anfänger zu unterstützen. Ueber die Grenzen des Herbeizuziehenden können die Ansichten verschieden sein, die Wagschale wird sich auf Seite desjenigen senken, der die Bedürfnisse des Lernenden am tiefsten erforscht hat, der von anderem Unterrichte entblösste Anfänger im Leben begleitet hat, der endlich häufig beobachtet hat, durch welche herbeigezogenen Sätze dem Lernenden das erste Licht aufging, welches denselben in den Stand setzte, auf den eigenen Füssen zu stehen.

So mag denn die Arbeit zum zweitenmal hinauswandern und Nutzen stiften!

Nördlingen, den 1. November 1852.

Vorwort zur vierten Auflage.

Im Vorwort zur dritten Auflage, datirt vom 10. März 1858, habe ich die Gründe darzulegen gesucht, welche mich bis dahin bestimmten, bei den Aequivalentzahlen bezogen auf $O = 100$ stehen zu bleiben.

In dem Maas, als durch die fortgesetzten Untersuchungen die Aequivalentzahlen von mehr und mehr Körpern in Beziehung auf $H = 1$ und $HO = 9$ als ganze Zahlen oder doch häufig in der Mitte zwischen zwei ganzen Zahlen stehende sich erwiesen haben, sind jene Gründe nicht mehr haltbar.

Dazu kommt, dass mir seitdem von sehr vielen Meistern der Chemie, welche den Katechismus für den Unterricht lieb gewonnen haben, der Wunsch ausgedrückt wurde, es möchten bei einer nächsten Auflage die nun nahezu allgemein in Gebrauch gezogenen Wasserstoffzahlen Anwendung finden.

Im Ganzen habe ich die ursprüngliche Einrichtung gelassen. Der Versuch, dem Büchlein eine strenger wissenschaftliche Gestalt zu geben, reizt; allein in der Erwägung, dass die Meisten der Anfänger der leichteren Form bedürfen und ihr es danken, wenn sie die Vorurtheile gegen das Studium der Stöchiometrie leichter überwinden, glaubte ich mich kaum berechtigt, mit der Vergangenheit zu brechen, sondern ich erachtete mich für verpflichtet, der ersten Eingebung bezüglich der Form treu zu bleiben.

Von diesem Standpunkte aus änderte ich an der vorliegenden vierten Auflage blos das, worin die früheren Auflagen allmählig von der neueren Anschauungsweise abwichen. Was ich nur einigermassen stehen lassen konnte, liess ich stehen.

Neu hinzugekommen sind einige Sätze aus der Arithmetik, einige Beispiele aus der Maasanalyse und mehrere Formeln der interessanteren Körper nach der Typentheorie. Letzterer habe ich dadurch Rechnung zu tragen gesucht, dass ich Gelegenheit gab, ihre Bekanntschaft zu machen, an ihre Formeln sich zu gewöhnen.

Gegen die Anwendung der alten chemischen Aequivalenten-Symbole in einem anderen, als dem bisherigen, Sinne verwahre ich mich, da ich es nur als einen grossen Fehler bezeichnen kann, die Entwicklungsphasen der reinen Wissenschaft auf das praktische Feld der Chemie zu verpflanzen. Die chemischen Symbole müssen fortgelten in dem Sinne von $HO = 1$ Aequ. Wasser $= 9$. Ihre ungeänderten Zeichen können ebenso wenig für etwas anderes (z. B. für Atome oder Moleküle im neueren Sinne) dienen, als „Frank“ und „Centime“ mit „Gulden“ und „Pfennigen“ übersetzt werden dürften, wenn vielleicht der deutsche Münzfuss dem französichen angepasst werden sollte. Aus solchen Versuchen geht lediglich eine heillose Verwirrung hervor, die den Werth der Aequivalentenlehre beeinträchtigen muss.

Möchte auch diese vierte Auflage gleich den früheren allenthalben freundliche Aufnahme finden!

***Nördlingen**, den 3. April 1865.*

Vorwort zur fünften Auflage.

Das Werkchen erscheint wiederum in seiner wohlbekannten Form und Weise. In dieser hat es sich bis heute bewährt, in dieser ist es von Lernbegierigen lieb gewonnen worden; in diesem einfachen Kleide hat es den Weg in weite Ferne gefunden. Darum will es auch seine schlichte Form bewahren. Diese verbietet jedoch nicht, zeitgemässe Aenderungen vorzunehmen. Dahin gehört selbstverständlich die ausschliessliche Anwendung des Grammengewichts in den praktischen Beispielen.

Damit dem Lernenden Gelegenheit geboten sei, sich an die Atomgewichtszahlen und an die im Sinne von Atomgewichtswerthen gebrauchten Aequivalent-Symbole zu gewöhnen, sind die Beispiele der symbolischen Aetiologie (Frage 39 S. 69—86) nicht nur nach Aequivalentwerth ($HO = 9$) in stehender Schrift, sondern auch nach Atomgewichtswerth ($H_2O = 18$) in Cursivschrift neben einander vorgeführt. Jene auf Grund der dualistischen Theorie, diese auf Grund der Typentheorie oder auch in einfach empirischer Aufstellung. Um der neueren Richtung weitere Rechnung zu tragen, wurde auf S. 155—159 eine Auswahl von Typenformeln mit ausgesetztem Atomgewichtswerthe, andere auf S. 162. 163 typisch, doch mit Benützung der Symbole im Aequivalentenwerthe, vorgeführt. Jeder objektiv Gebliebene wird zugeben, dass die Formeln viel an Werth verloren, seitdem man einiger Umsicht bedarf, um nur den Sinn und Werth zu erkennen, in welchem sie angewandt sind. Wie die Staatsgesetze, so bedürfen die Formeln einer gewissen Stabilität, um von der grossen Menge erfasst und nicht misstrauisch angesehen zu werden. Aendern sie schnell Werth und Geltung, so schadet dies hier der Wissenschaft, dort dem Staatsleben, da ausser den Fachmännern nur Wenige sich in sie einzuleben vermögen. Der Nutzen, den die Staatsgesetze und den die chemischen Formeln haben könnten und sollten, schrumpft dadurch für die Praxis zusammen.

Freilich wechselt nicht blos die Zeit, sondern auch die Wissenschaft, und wir in jener und mit dieser. Allein der zu rasche Wechsel dieser führt Viele dahin, auszurufen: „Satt bin ich — hört Meister! — der Formeln und Flausen etc.“, und bestimmt sie, damit sie die Natur des schwanken Rohres meiden, sich auf die empirischen Formeln zurückzuziehen. In vielen Fällen, nicht nur etwa in complicirteren (wie das künstlich bereitete kohlensaure Zinkoxyd, Brechweinstein, complicirte basische Salze), sondern auch in einfachen, z. B. bei dem ausgeprägten Magneteisenstein und den künstlich dargestellten Eisenmohren, verzichtet man dann aber besser überhaupt auf jede Formel. Welchen Einblick gewährt die Formel Fe_3O_4? Und selbst sie konnte nur durch Trennung des Minerals in Oxydul und Oxyd gefunden werden. Wir wissen aber, dass man dieselbe Verbindung künstlich erhält, nicht allein, wenn man ein Gemenge von 1 Aequ. eines Oxydulsalzes und 1 Aequ. des Oxydsalzes mit Alkali fällt, sondern auch, wenn man das aus 1 Aequ. Oxydulsalzes frisch gefällte Eisenoxydulcarbonat mit 1 Aequ. Eisenoxydhydrat anhaltend kocht. Das Gemenge schäumt unter Kohlensäure-Entwicklung stark auf, verliert seine voluminöse Beschaffenheit, wird schwer und schwarz. Diese Vorgänge begreift man aus der Formel FeO, Fe_2O_3 besser, als aus der empirischen Fe_3O_4. Gerade weil Fe_2O_3 in dieser Verbindung eine ganz andere Rolle spielt als FeO, dürfen beide nicht zusammengeworfen werden. Blos auf Grund dieser verschiedenen Rollen ist der Process, dass Fe_2O_3 die CO_2 austreibt und an deren Stelle getreten das Oxydul schlüsslich vor weiterer Oxydation durch den Sauerstoff der Luft schützt, einleuchtend. Warum wählt man nun eine Formel, welche an Werth und Bescheidenheit mit der Angabe der procentischen Zusammensetzung rivalisirt? Und warum verläugnet man in der Formel den binären Weg, der zur richtigen Anschauung geführt hat und allein die Controle zulässt? Die anorganischen Verbindungen zeigen in ihrer chemischen Zusammensetzung eine so grosse Verschiedenheit von den unter Mitwirkung der Lebenskraft entstandenen und

den aus diesen durch chemische Umsetzungen erzeugten, dass es wohl zulässig ist, die beiden Kategorieen von chemischen Verbindungen nach modificirten Gesetzen gebildet anzuschauen. Der Chemismus wird von der Lebenskraft und in den unter der Mitwirkung dieser entstandenen Verbindungen vielfach alterirt. Das Reich des Kiesels ist ein anderes, als jenes der Kohle, und wehe dem Organismus, in welchem jenes zur Herrschaft gelangt.

Abgesehen von diesen Reflexionen scheint es nicht wohlgethan, wenn ein kleines Werk, welches von jeher eine praktische und dabei belehrende Richtung eingehalten hat, an dem Kampfe theoretischer Vorstellungen Antheil nehmen wollte. Will es die Anerkennung nicht verscherzen, die es bisher in weiten Kreisen gefunden, so muss es eine Ausdrucksweise einhalten, welche von allen Anfängern verstanden werden kann und von allen Chemikern verstanden wird.

Bei Beurtheilung des Katechismus der Stöchiometrie als Lehrmittel bitte ich stets zwei Momente im Auge zu behalten: einmal den Beweggrund, welchem das Werkchen vor 30 Jahren sein Entstehen verdankt kat, d. h. den Wunsch, die ersten Schwierigkeiten, welche sich dem Anfänger entgegenstellen, und die derselbe gewöhnlich überschätzt, zu beseitigen; dann aber die heikle Lage, in welcher der Verfasser — bei den im Verlaufe der Decennien nothwendig gewordenen Auflagen — dem Wechsel der theoretischen Anschauungen gegenüber sich befunden hat. Da durch diese der grössere Theil der chemischen Symbole einen ganz anderen Werth erhalten hat, musste dem Anfänger Gelegenheit gegeben werden, Kenntniss von diesen Veränderungen zu erhalten.

Nördlingen, den 27. Oktober 1873.

Albert Frickhinger.

I. Arithmetischer Theil.

1. Worin besteht der Unterschied eines Bruches von einer ganzen Zahl?

Jener ist Ein Theil oder mehrere gleiche Theile einer ganzen Zahl.

2. Wie bezeichnet man einen Bruch?

Die gewöhnliche Art besteht darin, dass man die Anzahl der Theile — durch einen Querstrich getrennt — über jene Zahl setzt, welche ausdrückt, in wie viel gleiche Theile ein Ganzes getheilt worden ist; $\frac{4}{5}$ drückt also aus, dass ein Ganzes in 5 gleiche Theile getheilt worden ist, und 4 solche Theile genommen worden sind. Wie bei jedem andern Divisionsexempel haben wir daher zu unterscheiden den Dividenden (hier Zähler genannt), den Divisor (Nenner) und den Quotienten (Bruch). Im obigen Beispiele ist 4 der Zähler, 5 der Nenner und der Ausdruck $\frac{4}{5}$ ist der Quotient (Bruch).

Solche Brüche, deren Nenner 10 ist oder durch 10 theilbar ist, können aber noch auf andere Weise bezeichnet werden. Bekanntlich steigt der Werth einer Ziffer in einer zusammengesetzten Zahl von der rechten Hand gegen die linke mit jeder Stelle um das Zehnfache, oder umgekehrt der Werth einer Ziffer verringert sich von der linken Hand gegen die rechte mit jeder Stelle um das Zehnfache; in der Zahl 453 hat 5 in seiner zweiten Stelle von der rechten gegen die linke Hand einen 10mal so hohen Werth, als es einen Werth in der ersten Stelle von rechts gegen links hätte;

4 hat in der obigen Zahl an seiner dritten Stelle von rechts gegen links einen 10mal so hohen Werth, als es in der zweiten Stelle hätte, und dasselbe 4 hat einen 100mal so hohen Werth, als es einen Werth in der ersten Stelle von rechts gegen links hätte. Wenn man nun die Stelle der Einer mit einem willkürlichen, allen Rechnenden bekannten Zeichen versieht, wenn man z. B. rechts neben die Stelle der Einer ein Komma setzt, so kann man, ohne ein Missverständniss fürchten zu müssen, die erste Stelle rechts vom Komma als die Stelle der Zehntheile eines Ganzen, die zweite Stelle rechts vom Komma als die Stelle der Hunderttheile, die dritte Stelle als die der Tausendtheile, die vierte als die der Zehntausendtheile u. s. f. in Anspruch nehmen.

Der Ausdruck 0,1 bezeichnet mithin $\frac{1}{10}$
" " 0,01 " " $\frac{1}{100}$
" " 0,001 " " $\frac{1}{1000}$
" " 0,0001 " " $\frac{1}{10000}$

1234,567 Gramm des nun im deutschen Reiche eingeführten Gewichts bedeuten $1234\frac{567}{1000}$ Gramm oder 1234 Gramm und 567 Milligramm oder 1 Kilogramm*) (1000 Gramm), 2 Hectogramm (2mal 100 Gramm), 3 Decagramm (3mal 10 Gramm), 4 Gramm, 5 Decigramm (Zehntelgramm), 6 Centigramm (Hundertelgramm), 7 Milligramm (Tausendtelgramm).

Der Ausdruck 125,63214 bezeichnet 125 Ganze und $\frac{63214}{100000}$

Ein jeder dieser Ausdrücke von 0,1 bis 125,63214 heisst ein Decimalbruch. Ein Decimalbruch ist mithin ein solcher, dessen Nenner die Einheit mit einer oder mehreren angehängten Nullen ist, und dessen Zähler die entsprechende Stelle rechts vom Komma erhalten muss, um den Werth des Decimalbruchs auszudrücken. Der Nenner wird nie geschrieben, sondern durch 1 mit so viel Nullen ausgesprochen, als rechts vom Komma Stellen sind.

Man findet diese Bezeichnungsart, sobald man sich an dieselbe gewöhnt hat, so kurz, übersichtlich und zum Rechnen so be-

*) Durch Zusammensetzung mit den griechischen Zahlwörtern wird die Multiplication, durch Zusammensetzung mit den lateinischen Zahlwörtern die Division des Gramms ausgedrückt.

quem, dass man jeden gemeinen Bruch, wenn er in eine Rechnung eingehen soll, mit Nutzen vorher in einen Decimalbruch verwandelt.

3. Wie verwandelt man einen gemeinen Bruch in einen Decimalbruch?

Man fügt dem Zähler des Bruches eine beliebige Anzahl Nullen bei, dividirt dann mit dem Nenner in den Zähler und schneidet im Quotienten so viele Decimalstellen von der rechten Hand gegen die linke ab, als man Nullen beigefügt hat. Ist der Bruch ächt (d. h. ist sein Zähler kleiner, als sein Nenner), so erhält man an die Stelle der Einer eine Null; bei einem unächten Bruche (dessen Zähler grösser ist, als der Nenner) erhält man Ganze.

$\frac{4}{5}$ ist gleich $\frac{4,0}{5}$ ist gleich 0,8

$\frac{5}{2}$ ist gleich $\frac{5,0}{2}$ ist gleich 2,5

Häufig bleibt nach der Division des durch Nullen verlängerten Zählers durch den Nenner ein Rest, in welchem Falle der Decimalbruch dem gemeinen Bruche zwar nicht absolut gleich ist, aber diesem doch bei Anhängung von 5 bis 6 Decimalstellen so nahe hommt, dass für die Praxis kein Unterschied daraus entspringt; z. B.

$\frac{1}{6}$ ist gleich $\frac{1.00000}{6}$ ist gleich 0,16666....

Dass der Decimalbruch dem gemeinen Bruche nicht vollkommen gleich ist, pflegt man durch Anhängung von Punkten anzuzeigen und nennt einen solchen Decimalbruch einen unendlichen.

Wenn bei der Division ganzer Zahlen ein Rest bleibt, so kann man diesen durch Anhängung je einer Null im Reste und fortgesetzte Division sogleich in einen Decimalbruch verwandeln; z. B. 12755 dividirt durch 125 gibt 102,04

```
125|12755|102,04
   |125  |
   --255
      250
   -- 500
      500
      ---
```

4. Welches sind die in der Arithmetik angewandten Zeichen, deren Bekanntschaft für den Zweck der Stöchiometrie unumgänglich nothwendig ist?

Das Zeichen der Gleichheit ist = und wird ausgesprochen: „ist gleich".

+ ist das Zeichen der Addition und wird ausgesprochen „plus". $6 + 8 = 14$ wird gelesen „6 plus 8 ist gleich 14". Das Resultat der Addition heisst Summe, die zu addirenden Zahlen heissen Summanden.

— ist das Zeichen der Subtraction und wird ausgesprochen: „minus". $8 - 6 = 2$ wird gelesen; „8 minus 6 ist gleich 2". Man sieht aus diesem Beispiele, dass der Subtrahend (die abzuziehende Zahl) zur rechten Seite und der Minuend (die Zahl, von welcher abgezogen werden soll) zur linken Seite des Querstriches gesetzt wird. Das Resultat der Subtraction heisst „Differenz". 2 ist hier die Differenz.

$\times$ oder · ist das Zeichen der Multiplication und wird ausgesprochen: „mal". $8 \times 6 = 8 \cdot 6 = 48$. Das Resultat der Multiplication heisst „Product", die zu multiplicirende Zahl „Multiplicand", die multiplicirende „Multiplicator", beide zusammen „Factoren".

: oder — ist das Zeichen der Division und wird ausgesprochen: „durch". $12 : 4 = \frac{12}{4} = 3$, aus welchem Beispiele erhellt, dass der Dividend (die zu theilende Zahl) zur linken und der Divisor (die theilende Zahl) zur rechten Seite der 2 Punkte, oder dass der Dividend oberhalb des Querstriches und der Divisor unterhalb desselben gesetzt wird. Das Resultat der Division heisst „Quotient"; 3 ist im gegebenen Falle der Quotient.

Soll die Multiplication zweier oder mehrerer durch „plus" oder „minus" verbundener Zahlen mit einer anderen angedeutet werden, so setzt man erstere in eine Klammer und den Multiplicator ausserhalb derselben ohne weiteres Multiplicationszeichen, z. B. $(589 - 390)\ 3$ Dieser Ausdruck ist ein vereinfachter des Ausdruckes $589 \times 3 - 390 \times 3$; sieht man sich veranlasst, jenen aufzulösen, so muss man jederzeit bedenken, dass die ausserhalb

der Klammer stehende Zahl sich als **Multiplicator** auf jede in der Klammer befindliche Zahl bezieht, und daher deren jede mit ihr besonders multiplicirt werden muss; z. B.

$$(589 - 390)\ 3$$
$$589 \times 3 - 390 \times 3$$
$$1767 - 1170$$
$$597$$

5. Wie addirt man Decimalbrüche?

Man setzt die Brüche so untereinander, dass die Einerzeichen genau untereinander zu stehen kommen, und addirt dann auf die gewöhnliche Art; z. B. 2,6407 + 56,3 + 0,204 = 59,1447

```
   56,3
 + 0,204
 -------
  59,1447
```

6. Wie subtrahirt man Decimalbrüche?

Man setzt den Subtrahenden so unter den Minuenden, dass die Einerzeichen genau untereinander stehen; wenn der Minuend weniger Decimalstellen hat, als der Subtrahend, so hängt man jenem so viele Nullen an, bis beide eine gleiche Anzahl Decimalstellen haben, alsdann subtrahirt man auf die gewöhnliche Art; z. B.

3,253 − 1,97464 = 1,27836

```
   3;2·5·3·0·0
 − 1,9 7 4 6 4
 -------------
   1,2 7 8 3 6
```

4,357 − 1,6 = 2,757

```
 − 1,6
 -----
  2,757
```

7. Wie multiplicirt man Decimalbrüche?

Man multiplicirt sie, als wären sie ganze Zahlen, und streicht im Producte so viele Decimalstellen von der Rechten zur Linken ab, als beide Factoren zusammen enthalten:

```
 3,2 1 4 × 2,03 = 6,52442
× 2,0 3
 -------
  9 6 4 2
6 4 2 8
---------
6,5 2 4 4 2
```

8. Wie dividirt man Decimalbrüche?

a) Wenn der Divisor und Dividend eine gleiche Anzahl von Decimalstellen haben, so dividirt man wie bei ganzen Zahlen

4,32 : 0,03 = 144

```
3|432|144
 |3  |
---------
  13
  12
---------
  -12
   12
---------
   --
```

b) Hat der Divisor mehr Decimalstellen, als der Dividend, so fügt man letzterem so viele Nullen bei, bis er mit dem Divisor gleichviele Decimalstellen hat, und dividirt dann wie bei ganzen Zahlen 0,36 : 0,006 = 0,360 : 0,006 = 60

```
6|360|60
 |360|
--------
  ---
```

c) Hat der Dividend mehr Decimalstellen, als der Divisor, so dividirt man wieder wie bei ganzen Zahlen, setzt aber im Quotienten das Komma von der Rechten zur Linken nach so vielen Decimalstellen, als der Dividend deren mehr hat, als der Divisor.

5,232 : 0,4 = 13,08

```
4|5232|1308;
 |4   |
----------
  12
  12
----------
  - 32
    32
```

da aber der Dividend 2 Decimalstellen mehr hat, als der Divisor, so müssen im erhaltenen Quotienten 2 Decimalstellen abgestrichen werden, daher: 13,08.

Nach diesem letzteren Falle wird auch verfahren, wenn ein Decimalbruch durch eine ganze Zahl dividirt werden soll; man verfährt dagegen nach b, wenn eine ganze Zahl durch einen Decimalbruch dividirt werden soll.

Bleibt bei der Division ganzer Zahlen ein Rest, so kann man nach S. 3 fortfahren zu dividiren, indem man dem Reste eine Null anhängt und zu gleicher Zeit im Quotienten das Komma setzt. Jedem ferneren Reste fügt man wieder eine Null bei und dividirt ohne weitere Rücksichtsnahme fort, bis man eine der Genauigkeit des Falles entsprechende Anzahl von Decimalstellen im Quotienten hat; in der praktischen Chemie hat man selten mehr als 2 bis 3 Decimalstellen, in den genauesten Fällen aber nie über 5 nöthig.

$$20 : 7 = 2{,}8571\ldots$$

```
7|2·0|2,8571....
 |1 4|
 -----
  -6·0
   5 6
  ----
   -4·0
    3 5
   ----
    - 50
      49
    ----
      10
```

9. Was ist ein Verhältniss?

Die Vergleichung zweier Grössen (für uns „Zahlen"), wodurch bestimmt wird, um *wie viel* die eine grösser oder kleiner ist, als die andere, heisst *arithmetisches Verhältniss*. Von 4 und 12 ist das arithmetische Verhältniss die Zahl 8, weil sie angibt, um wie viel 12 grösser ist, als 4. Die Zahl 8 heisst die *Differenz*. Die Grösse des arithmetischen Verhältnisses ist durch die Differenz bestimmt und wird daher durch das Zeichen der Subtraction bezeichnet: $12 - 4 = 8$.

Die Vergleichung zweier Grössen, wodurch bestimmt wird, um *wie viel***mal** die eine grösser oder kleiner ist, als die andere, heisst *geometrisches Verhältniss*. Von 4 und 12 ist das geo-

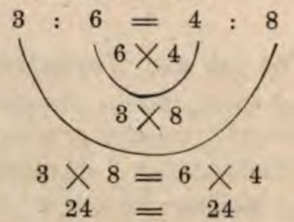
metrische Verhältniss die Zahl 3, weil diese angibt, wie vielmal 12 grösser ist, als 4. Die Zahl 3 heisst der Verhältnissexponent. Die Grösse des geometrischen Verhältnisses ist durch den Verhältnissexponenten (Quotienten) bestimmt und wird durch das Zeichen der Division ausgedrückt 12 : 4 = 3.

10. Was ist eine Proportion?

Wenn zwei Verhältnisse gleich sind, wenn sie folglich einerlei Differenzen oder einerlei Verhältnissexponenten haben, so heisst diese Gleichheit der Verhältnisse eine Proportion (Verhältnissgleichung). Es ist für unsern Zweck hinreichend, eine geometrische Proportion als Beispiel anzuführen 3 : 6 = 4 : 8; mit Worten: „3 verhält sich zu 6, gleichwie sich verhält 4 zu 8", oder kürzer: „3 zu 6 wie 4 zu 8". Jede geometrische Proportion muss auf diese Weise gelesen werden.

11. Aus wieviel Gliedern besteht eine Proportion, und wie verhalten sich diese Glieder zu einander?

Jede Proportion besteht aus vier Gliedern, von denen man das erste und letzte (im vorigen Beispiele 3 und 8) zusammen die äusseren Glieder, das zweite und dritte Glied (6 und 4) zusammen die mittleren Glieder nennt. Durch Multiplication der beiden äusseren Glieder miteinander erhält man dieselbe Zahl, wie durch Multiplication der beiden mittleren Glieder:



$$3 \times 8 = 6 \times 4$$
$$24 = 24$$

Die Bekanntschaft mit diesem Verhalten der Glieder einer Proportion reicht für unseren Zweck hin.

12. Wie findet man aus drei bekannten Gliedern einer Proportion das vierte unbekannte?

Man bezeichnet einstweilen das fehlende oder unbekannte mit x. Wenn eines der äusseren Glieder fehlt, so dividirt man

das Produkt der beiden mittleren Glieder durch das andere äussere Glied; wenn eines der mittleren Glieder fehlt, so dividirt man das Produkt der beiden äusseren Glieder durch das andere mittlere Glied. Es geht daraus hervor, dass jedes der vier Glieder das unbekannte mit x zu bezeichnende sein kann; in der Regel aber ist es in den hieher einschlägigen Exempeln das vierte Glied. Wenn ich z. B. wissen möchte, wieviel Chlor in 40 Gramm Kochsalz enthalten sei, und vorher nur weiss, dass in 58,5 Gramm Kochsalz 35,5 Gramm Chlor enthalten sind, so sagt mir der Verstand, dass ich, um eine Proportion zu bekommen, folgern muss, „58,5 Gramm Kochsalz verhalten sich zu 35,5 Gramm Chlor, wie sich verhalten 40 Gramm Kochsalz zu x = der zu suchenden Menge", woraus die Proportion

$$58{,}5 : 35{,}5 = 40 : x.$$

```
            40
58,5|14·20,0|24,273...
    |11 70  |
     -2 5·0 0
      2 3 4 0
      -1 6·0 0
       1 1 7 0
       -4 3·0 0
        4 0 9 5
        -2 0 5
```

Durch Multiplication der beiden mittleren Glieder erhält man 1420; diese Zahl, durch das bekannte äussere Glied 58,5 dividirt, gibt 24,273 Gramm Chlor, was der wahre Ausdruck für das vorhin mit x bezeichnete unbekannte Glied ist, und welche 24,273 Gramm mithin den Chlorgehalt in 40 Gramm Kochsalz anzeigen.

13. Wie kann man sich überzeugen, dass man das unbekannte Glied einer Proportion richtig gefunden, mit anderen Worten: dass man richtig gerechnet habe?

Dadurch, dass man anstatt x die gefundene Zahl in die Proportion setzt, und nun die beiden äusseren Glieder miteinander und

ebenso die beiden inneren Glieder miteinander multiplicirt. Es muss bei beiden Multiplicationen das nämliche Product herauskommen. Die beiden mittleren Glieder des vorigen Exempels gaben durch Multiplication 1420; das eine äussere Glied 58,5 mit dem in x = 24,273 gefundenen multiplicirt gibt 1419,97, was sehr nahe 1420 ist; der geringe Unterschied rührt davon her, dass dort blos drei Decimalstellen ausgerechnet worden sind.

14. Was ist eine Gleichung?

Eine Gleichung ist der mathematische Ausdruck für zwei ihrem Werthe nach ganz übereinstimmende Grössen:

$$\frac{5 \times 8}{2} + 9 - 3 = 28 - 2$$

15. Welche Anwendung findet die mathematische Gleichung?

Wie man mittelst der Proportion aus drei bekannten Grössen eine vierte unbekannte findet, so dient die Gleichung, aus bekannten Gleichheitsverhältnissen bekannter und unbekannter Grössen die letzteren zu entwickeln. Es gibt Gleichungen mit einer und mit mehreren unbekannten Grössen. Die unbekannte Grösse bezeichnet man mit x oder, wenn es mehrere sind, mit y, u, v, w etc. Für gegenwärtigen Zweck genügt aber die Gleichung mit nur einer unbekannten Grösse. Als Beispiel diene die vorige Gleichung, in welcher nun eine Zahl als unbekannt angenommen ist:

$$\frac{5\,x}{2} + 9 - 3 = 28 - 2$$

16. Auf welche verschiedene Art kann eine Gleichung unbeschadet ihres Werthes verändert werden?

Es genügt hier die Kenntniss folgender Veränderungen:

a) Zu dem Ausdruck auf jeder Seite des Gleichheitszeichens kann die nämliche Zahl addirt werden:

$$\frac{5 \times 8}{2} + 9 - 3 = 28 - 2$$

$$\frac{5 \times 8}{2} + 9 - 3 + 6 = 28 - 2 + 6$$

b) Von dem Ausdrucke auf jeder Seite des Gleichheitszeichens kann die nämliche Zahl subtrahirt werden:

$$\frac{5 \times 8}{2} + 9 - 3 = 28 - 2$$

$$\frac{5 \times 8}{2} + 9 - 3 - 6 = 28 - 2 - 6$$

c) Der Ausdruck auf jeder Seite des Gleichheitszeichens kann mit der nämlichen Zahl multiplicirt werden:

$$\frac{5 \times 8}{2} + 9 - 3 = 28 - 2$$

$$\left(\frac{5 \times 8}{2} + 9 - 2\right)^{*}\ 6 = (28 - 2)\ 6$$

d) Der Ausdruck auf jeder Seite des Gleichheitszeichens kann durch die nämliche Zahl dividirt werden:

$$\frac{5 \times 8}{2} + 9 - 3 = 28 - 2$$

$$^{**)}\ \frac{\frac{5 \times 8}{2} + 9 - 3}{6} = \frac{28 - 2}{6}$$

17. Wie werden diese Veränderungen zur Lösung einer Gleichung benützt?

Die Gleichung ist gelöst, wenn zuletzt die unbekannte Grösse allein auf eine Seite des Gleichheitszeichens gebracht ist. Es müssen also sämmtliche mit ihr durch irgend eine mathematische Bezeichnung verbundene Zahlen (wie man sich ausdrückt) auf die andere Seite geschafft werden, was auf folgende Weise geschieht:

Die Zahl, welche auf der Seite der unbekannten Grösse das Minus-Zeichen hat, wird zu dem Ausdrucke auf der anderen Seite addirt, wodurch sie an ihrem ersten Platze verschwindet; was der Veränderung a) in der Antwort auf die vorige Frage entspricht:

---

*) Das Multiplicationszeichen wird vor einer unbekannten Grösse oder, wie schon S. 4 bemerkt wurde, vor und nach einem in Klammern gesetzten [Au]sdrucke nicht geschrieben.

**) Die Operation des Dividirens wird bei Gleichungen immer durch [die] Bruchform angezeigt.

$$\frac{5 \cdot s}{2} + 9 - 3 = 28 - 2$$

$$\frac{5\ s}{2} + 9 = 28 - 2 + 3$$

Die Zahl, welche auf der Seite der unbekannten Grösse das Plus-Zeichen hat, wird von dem Ausdrucke auf der anderen Seite subtrahirt, wodurch sie an ihrem ersten Platze verschwindet; was der Veränderung b) in der vorigen Antwort entspricht:

$$\frac{5\ s}{2} + 9 = 28 - 2 + 3$$

$$\frac{5\ s}{2} = 28 - 2 + 3 - 9$$

Durch die Zahl, welche mit dem Ausdrucke der unbekannten Grösse durch Multiplication verbunden ist, wird der Ausdruck der anderen Seite dividirt: was der Veränderung d) in der vorigen Antwort entspricht:

$$\frac{5\ s}{2} = 28 - 2 + 3 - 9$$

$$\frac{s}{2} = \frac{28 - 2 + 3 - 9}{5}$$

Mit der Zahl, welche mit dem Ausdrucke der unbekannten Grösse durch Division verbunden ist, wird der Ausdruck auf der anderen Seite multiplicirt; was der Veränderung c) in der vorigen Antwort entspricht:

$$\frac{s}{2} = \frac{28 - 2 + 3 - 9}{5}$$

$$s = \frac{2\ (28 - 2 + 3 - 9)}{5}$$

Es darf also jetzt nur noch der Ausdruck, welcher keine unbekannte Grösse enthält, nach den Forderungen seiner Zeichen ausgerechnet werden, wobei man zuerst die Zahlen mit dem Plus-Zeichen und dann die mit dem Minus-Zeichen zusammenaddirt, die kleinere Summe von der grösseren abzieht (die Differenz erhält das Zeichen der grösseren), sodann die Differenz mit der Zahl vor oder hinter der Klammer multiplicirt, und zuletzt dieses Produkt durch die unter dem Querstriche stehende Zahl dividirt.

Hieraus folgt:

$$s = \frac{2\,(31 - 11)}{5}$$

$$s = \frac{2 \times 20}{5}$$

$$s = \frac{40}{5}$$

$$s = 8$$

Die Verbindung der unbekannten Grösse mit bekannten ist natürlich höchst mannigfaltig, und hiernach richtet sich auch das Verfahren, welche von den vorhin angegebenen vier Veränderungen (eigentlich Versetzungen) am bequemsten zuerst vorzunehmen sei. Im Allgemeinen steht jedoch die Regel fest, man bringe α) zuerst die durch $+$ oder $-$ mit dem geschlossenen Ausdrucke, welcher die unbekannte Grösse zunächst enthält, verbundenen Zahlen oder Zahlenverbindungen auf die andere Seite, sodann schaffe man β) den etwaigen Divisor oder Nenner des die unbekannte Grösse enthaltenden Ausdruckes weg, und endlich beseitige man γ) die mit der unbekannten Grösse unmittelbar durch Multiplication verbundenen Zahlen. Daraus versteht sich von selbst, dass δ) wenn der Ausdruck auf Seite der unbekannten Grösse ein Bruch oder Quotient für sich ist, die erste Operation sein muss, dessen Nenner oder Divisor wegzuchaffen.

Kommt der Fall vor, wie häufig, dass ε) die Seite der unbekannten Grösse aus zwei oder mehreren durch Klammern oder Bruchzeichen getrennten Ausdrücken besteht, wovon jeder die unbekannte Grösse enthält, so müssen diese vor Allem in einen Ausdruck vereinigt werden, was dadurch geschieht, dass, sofern sie Brüche sind, dieselben nach den aus der gemeinen Bruchrechnung bekannten Regeln unter einen Hauptnenner gebracht werden, sofern sie aber reine Klammer-, d. h. Multiplicationsausdrücke sind, dieselben nach der Forderung ihrer Zeichen zuerst aufgelöst werden. Es ergeben sich dann zwei oder mehrere die unbekannte Grösse enthaltende Produkte, welche ζ) in der Art wieder vereinigt werden, dass ihre bekannten Factoren mit ihren eigenthümlichen Zeichen in eine Klammer und ihre gemeinschaftliche unbekannte Grösse vor oder hinter die

Klammer gesetzt werden, wodurch dann der Klammerausdruck der Factor der unbekannten Grösse wird.

Diese Bemerkungen angewandt auf ein in der Beantwortung der 72sten Frage enthaltenes Beispiel geben folgendes Resultat:

(Da die unbekannte Grösse dort Schwefelsäure ist, wurde anstatt x der Anfangsbuchstabe s gewählt.)

$$0{,}59375 = \frac{47{,}0\ s}{40} + \frac{31{,}0\ (0{,}65625 - s)}{40}$$

$$0{,}59375 = \frac{47{,}0\ s + 31{,}0\ (0{,}65625 - s)}{40} \quad \text{nach } \varepsilon$$

$$40 \times 0{,}59375 = 47{,}0\ s + 31{,}0\ (0{,}65625 - s) \quad \text{nach } \beta \text{ u. } \delta$$

$$40 \times 0{,}59375 = 47\ s + 31 \times 0{,}65625 - 31\ s \quad \text{nach } \varepsilon$$

$$40 \times 0{,}59375 - 31 \times 0{,}65625 = (47 - 31)\ s \quad \text{nach } \zeta$$

$$\frac{40 \times 0{,}59375 - 31 \times 0{,}65625}{47 - 31} = s \quad \text{nach } \gamma$$

$$\frac{23{,}75 - 20{,}34375}{16} = s$$

$$\frac{3{,}40625}{16} = s$$

$$0{,}21289 = s$$

18. Was versteht man unter Potenziren?

Potenziren heisst eine Zahl mit sich selbst multipliziren. Wie oft dies zu geschehen habe, wird durch den Exponenten, ein rechts oben beigefügtes Zifferchen, angedeutet.

3^2 (sprich „3 hoch 2“ oder „3 im Quadrat“) $= 3 \times 3 = 9$

5^3 (sprich „5 hoch 3“ oder „5 im Cubus“) $= 5 \times 5 \times 5 = 125$

3^4 (sprich „3 hoch 4“) $= 3 \times 3 \times 3 \times 3 = 81$

Sieht man z. B. die letzte Potenz 3^4 näher an, so heisst in derselben 3 der Dignand oder die Basis, 4 der Exponent. 3^4 bedeutet, dass 3 viermal mit sich selbst multiplicirt werden soll.

19. Was versteht man unter Radiziren?

Radiziren oder Wurzelausziehen heisst jene Zahl suchen, welche 1, 2, 3 etc. mal mit sich selbst multiplicirt die vorgelegte gibt. Als Zeichen für das Radiziren gebraucht man $\sqrt{}$, welches ein R (Radix) vorstellen soll.

$\sqrt[2]{81}$ oder $\sqrt{81}$ (sprich „Quadratwurzel aus 81") heisst diejenige Zahl suchen, welche mit sich selbst multiplicirt 81 gibt, demnach $\sqrt{81} = 9$, denn $9 \times 9 = 81$.

$\sqrt[3]{125}$ (sprich „Cubikwurzel aus 125") bedeutet diejenige Zahl, welche 3mal als Factor gesetzt 125 gibt. Also

$\sqrt[3]{125} = 5$, denn $5 \times 5 \times 5 = 125$

$\sqrt[4]{81}$ (sprich „vierte Wurzel aus 81") $= 3$, denn $3 \times 3 \times 3 \times 3 = 81$

20. Was versteht man unter Logarithmiren?

Logarithmiren heisst diejenige Zahl suchen, mit welcher die Basis 10 potenzirt eine vorgelegte Zahl gibt. Der Logarithmus z. B. von 10000 ist 4; denn

$$10^4 = 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 10000$$

Man bezeichnet dies so:

$$\lg 10000 = 4;\ \text{denn}\ 10^4 = 10000$$

4 ist in diesem Falle der Logarithmus; 10000 heisst der Logarithmand, die Zahl, numerus; 10 die Basis des Logarithmus.

Ferner

$$\lg 100 = 2,\ \text{denn}\ 10^2 = 100$$

$$\lg 1000 = 3,\ \text{denn}\ 10^3 = 1000\ \text{etc.}$$

Die Logarithmen der bei weitem meisten Zahlen sind nicht wieder ganze Zahlen, sondern unendliche Decimalbrüche, deren Ganze man die Charakteristik oder Kennziffer, deren Decimalstellen man die Mantisse (Zugabe) nennt.

Die Logarithmentafeln von Vega z. B. sind so eingerichtet, dass man zu jeder vorgelegten Zahl den zugehörigen Logarithmus, aber auch zu jedem Logarithmus die zugehörige Zahl finden kann. In $10^x = y$ kann mittelst dieser Tafeln x, d. i. der Logarithmus, gefunden werden, wenn y, d. i. die Zahl, gegeben ist; und umgekehrt kann, wenn x, d. i. der Logarithmus, gegeben ist, dazu y, d. i. die zugehörige Zahl, gefunden werden.

Wenn vorhin in Frage 19 nicht gezeigt werden wollte, wie man die Wurzel einer Zahl auszieht, so besteht hier eben so wenig die Absicht, zu zeigen, wie man nach den von Vega etc. berechneten Tafeln die Logarithmen der Zahlen finden und umgekehrt

aus dem Logarithmus wieder die Zahl bestimmen könne. Die Einrichtung der Tafeln und das Suchen darin ist eine empirische Sache. Ausserdem erfordert das Handhaben derselben noch eine Anzahl von „Sätzen", deren Begründung einige Vertrautheit mit den vorhergehenden Disciplinen der Algebra voraussetzt. Diese Sätze können allerdings auch mechanisch — ohne besondere Schwierigkeit — erlernt und sodann gebraucht werden; dies zu zeigen, liegt aber nicht im Zwecke des Katechismus.

Hier mögen folgende Andeutungen genügen: Jede Multiplication von Zahlen kann mit Hilfe der Logarithmen in eine Addition, jede Division in eine Subtraction, jede Potenzirung in eine einfache Multiplication, jede Radizirung in eine einfache Division verwandelt werden.

Man sucht die Logarithmen nie um ihrer selbst willen, sondern bedient sich derselben lediglich zur Abkürzung von Rechnungsoperationen, nach deren Beendigung man aus dem gefundenen Logarithmus wiederum die Zahl sucht. Die Aufgabe ist sodann gelöst.

Zur Berechnung und Herstellung der Logarithmentafeln benützte man Methoden, welche in der höheren Mathematik gelehrt werden; diese Berechnung hat den darum verdienten Mathematikern ausserordentlich viel Zeit und Mühe gekostet. Wer sich der Logarithmen bedient, geniesst die Früchte jener langwierigen Arbeiten an der eigenen Zeit und Arbeit.

Weil aber das Rechnen mit Logarithmen eine Sicherheit in der Bekanntschaft mit den Tafeln und eine Geläufigkeit in deren Gebrauch erfordert, welche nur durch stete Uebung erhalten wird, so ist diese abgekürzte Rechnungsweise für den Nichtgeübten bedenklich. Eine kleine Probe derselben steht jedoch in der Schlussfrage des chemischen Theiles in Aussicht.

II. Chemischer Theil.

21. Verbinden sich Elemente und zusammengesetzte Körper chemisch in allen Verhältnissen miteinander?

Nein! alle chemischen Verbindungen geschehen nach festen, unveränderlichen Verhältnissen, welche in Beziehung auf einander durch Zahlen ausdrückbar sind. Viele Elemente und zusammengesetzte Körper verbinden sich zwar in mehreren Verhältnissen, allein diese Verhältnisse stehen unter sich in einer überraschend einfachen Beziehung. Man legt in der Chemie auf diese unveränderlichen Verhältnisse einen so grossen Werth, dass eine Verbindung, welche dieselben nicht zeigt und daher keine constante Zusammensetzung hat (z. B. Eisensalmiak, Jodschwefel etc.), nicht als eine chemische gelten kann.

Unter allen Umständen bestehen 100 Gramm reines Wasser aus 88,8888 Gramm Sauerstoff und 11,1112 Gramm Wasserstoff. Unter allen Umständen, und auf welche Weise es auch dargestellt sein möge, bestehen 100 Gramm reines Schwefelwasserstoffgas aus 94,12 Gramm Schwefel und 5,88 Gramm Wasserstoffgas.

22. Welches Anhaltspunktes bedienen sich die Chemiker, um diese unveränderlichen Verhältnisse, in welchen sich die Körper verbinden, durch Zahlen auszudrücken?

Sie bedienen sich des Uebereinkommens, eine beliebige Menge irgend eines Körpers, in welcher sich dieser mit anderen Körpern verbindet, mit einer runden Zahl zu bezeichnen, und nach dieser runden oder einfachen Zahl die Verbindungsmengen aller anderen

Körper mit jenem ersten Körper (mithin auch unter sich) in entsprechenden Zahlen zu bezeichnen.

Um (wenigstens in vielen Fällen) direkt durch die Analyse der Verbindungen jenes Körpers mit den anderen die Verbindungszahlen oder die Mischungsgewichte der anderen zu erfahren, wählte man einen Körper, welcher, wenn nicht mit allen, doch mit möglichst vielen anderen Körpern Verbindungen eingeht. Der Sauerstoff besitzt diese Eigenschaft im höchsten Grade, und Berzelius bezeichnet die Menge, in welcher der Sauerstoff mit andern Körpern sich verbindet, mit 100. Diese Zahl (d. h. 100 Gewichtstheile irgend einer Benennung) ist also ein dem Sauerstoffe willkürlich beigelegtes Mischungsgewicht.

Mehrere englische und deutsche Chemiker haben vorgezogen, das Mischungsgewicht des Wasserstoffs mit einer runden und einfachen Zahl (mit 1) zu bezeichnen, weil der Wasserstoff unter allen Körpern mit der geringsten Gewichtsmenge in chemische Verbindungen eingeht, oder mit anderen Worten, weil derselbe in seinen chemischen Verbindungen die geringere Menge ausmacht. Die ganzen Zahlen, welche als Folge dieser Zugrundelegung für die anderen Körper hervorgehen, sind kleiner und deswegen leichter im Gedächtnisse zu behalten. Sollen sie den Versuchen und chemischen Analysen, worauf sie gestützt sind, genau entsprechen, so müssen bei einigen Körpern 1 bis 2 Decimalstellen beigezogen werden.

Im Allgemeinen nennt man also diejenige Menge eines einfachen Körpers, welche entweder mit einem Gewichtstheile Wasserstoff oder (weil im Wasser 8 Gewichtstheile Sauerstoff auf 1 Gewichtstheil Wasserstoff enthalten sind) mit 8 Gewichtstheilen Sauerstoff sich verbindet, das Mischungsgewicht oder Verbindungsgewicht dieses Körpers.

23. Wie verhält man sich aber bei der Festsetzung des Mischungsgewichtes jener Körper, die mit dem Sauerstoffe in mehreren Verhältnissen sich verbinden?

Hierüber sind die Ansichten der verschiedenen Chemiker abweichend, doch kommen sie darin überein, dass in den meisten

Fällen diejenige Menge als Mischungsgewicht bezeichnet werden müsse, welche in der niedersten Verbindungsstufe an 8 Theile Sauerstoff gebunden ist. Eine Ausnahme hievon verursachen bei mehreren Körpern theils die Analogie mit gewissen anderen, theils die Betrachtung ihrer zusammengesetzten Verbindungen, theils die Beständigkeit ihrer Oxyde u. s. f., welche Umstände später näher werden betrachtet werden.

24. Warum heissen die Mischungsgewichte der Körper auch ihre Aequivalente?

Weil sie zugleich die Menge der Körper ausdrücken, die nöthig ist, um irgend einen anderen in einer chemischen Verbindung zu ersetzen, ihm gleichwerthig zu sein (von aequus gleich, und valere werth sein).

25. Wie gelangt man zur Kenntniss der Zahl, welche das Aequivalent irgend eines Körpers in Beziehung auf das Aequivalent des Wasserstoffs = 1 ausdrückt? Wie gelangt man z. B. zur Kenntniss der Aequivalentzahl des Sauerstoffs?

Aus der Analyse irgend einer Sauerstoffverbindung, z. B. des Wassers. Man weiss durch genaue Analysen, dass 100 Thl. Wasser nahezu aus 11,1112 Thl. Wasserstoff und 88,8888 Thl. Sauerstoff bestehen. 11,1112 und 88,8888 drücken mithin die relativen Mengen aus, in welchen sich Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser verbinden. Da man nun die das Aequivalent des Wasserstoffs ausdrückende Zahl willkürlich = 1 annimmt, so ist klar, dass die das Aequivalent des Sauerstoffs ausdrückende Zahl zu 1 sich verhalte, wie 88,8888 sich verhält zu 11,1112. Man erfährt daher die Aequivalentzahl des Sauerstoffs durch die Proportion

$x : 1 = 88,8888 : 11,1112$

$x = 8,0$ d. h. das Aequivalent des Sauerstoffs ist 8.

26. Was verstehen die neueren Chemiker unter Atom und Molekül?

Vorläufig sei hier unter Verweisung auf eine spätere ausführlichere Erörterung einstweilen bemerkt: Unter Atom eines Körpers

verstehen die neueren Chemiker die kleinste Menge desselben, welche in eine chemische Verbindung eintreten kann; unter Molekül verstehen sie die kleinste Gruppe von Atomen, welche im freien Zustand existiren kann.

27. Durch welche Zahlen und Zeichen werden die chemischen Aequivalente, die Atom- und Molekulargewichte der einfachen Körper ausgedrückt?

Mit Zugrundelegung der genauesten Analysen fanden Berzelius und andere verdienstvolle Chemiker die neben den Symbolen nachstehend aufgeführten Aequivalentgewichte. Aus theoretischen Gründen, namentlich der Volumtheorie zu Liebe, wurden von neueren Chemikern die Aequivalentzahlen vieler Elemente verdoppelt, um die Atomgewichte zu erhalten, verdoppelt und zum Theil vervierfacht, um die Molekulargewichte zu erhalten. Um dies hier deutlich zu machen, wurden auch die Zeichen entsprechend vervielfacht. Von den neueren Chemikern wird Letzteres nicht gethan; sondern von ihnen werden die einfachen Formeln als Atomgewichte genommen, wodurch aber die Benützung der älteren chemischen Werke für den Anfänger sehr erschwert wird.

Die Zeichen sind die Anfangsbuchstaben der lateinischen Namen der Elemente; lauten die Anfangsbuchstaben gleich, so ist der zweite oder dritte nächstfolgende ungleichnamige Buchstabe zu Hilfe gezogen.

Berzelius führt bekanntlich die chemische Verwandtschaft zurück auf den elektrischen Gegensatz, welchen die Körper zeigen: wonach Körper von starkem elektrischem Gegensatze grosse Verwandtschaft zu einander haben, während Körper von geringem elektrischen Gegensatze keine oder nur eine geringe Verwandtschaft zeigen. Ohne die Licht- und Schattenseiten dieser Theorie näher zu betrachten, ohne darauf einzugehen, welche von den beiden Erscheinungen, die chemische Verwandtschaft oder der elektrische Gegensatz, die andere bedinge, ohne hier zu erörtern, dass vielmehr beide Erscheinungen die Aeusserung einer und derselben Kraft sein dürften, genüge die Bemerkung, dass die elektro-chemische Theorie nach den jetzigen Einsichten noch am besten die Erscheinung der chemischen Verwandtschaft erklärt. Die nachfolgende Reihenordnung der einfachen Körper nach Berzelius ist auf den elektrischen Gegensatz gegründet, und zwar nennt man den oben stehenden Sauerstoff den elektronegativsten Körper, weil er bei chemischen Zersetzungen durch die Volta'sche Säule immer am positiven Pole (Anode) abgeschieden wird, und das am Ende der Reihe stehende Kalium den elektro-positivsten Körper, weil es bei solchen Zersetzungen unter allen Umständen am negativen Pole (Kathode) abgeschieden wird. Diese Reihe gibt indessen nur einen allgemeinen Ueberblick über das chemische Verhalten der Körper unter sich, da die chemische Verwandtschaft der Körper bei verschiedenen Temperaturen, in verschiedenen Formzuständen, bei der Einwirkung verschiedener fremdartiger Umstände u. s. f. eine so verschiedene ist, dass sie nur durch unzählige

Reihen, deren jede unter Berücksichtigung einer anderen modificirenden Ursache festgestellt sein müsste, ausgedrückt werden könnte. In dieser Reihe ist im Allgemeinen jedes Glied in Bezug auf die vorhergehenden elektropositiv, in Bezug auf die nachfolgenden elektronegativ.

Elemente.	Aequivalent-		Atom-		Molekular-	
	Zeichen oder Symbol.	Zahl oder Gewicht.	Zeichen.	Gewicht.	Zeichen.	Gewicht.
Sauerstoff .	O =	8,0	O_2 =	16,0	$O_4 = \Theta\Theta$ =	32,0
Fluor . . .	Fl =	19,0	Fl =	19,0	$Fl_2 = FlFl$ =	38,0
Chlor . . .	Cl =	35,5	Cl =	35,5	$Cl_2 = Cl\,Cl$ =	71,0
Brom . . .	Br =	80,0	Br =	80,0	$Br_2 = BrBr$ =	160,0
Jod	J =	127,0	J =	127,0	$J_2 = II$ =	254,0
Schwefel . .	S =	16,0	S_2 =	32,0	S_4 = Ꞩ Ꞩ =	64,0
Selen . . .	Se =	39,75	Se_2 =	79,5	Se_4 =	159,0
Phosphor .	P =	31,0	P =	31,0	P_4 =	124,0
Stickstoff .	N =	14,0	N =	14,0	N_2 =	28,0
Kohlenstoff	C =	6,0	C_2 =	12,0	C_4 =	24,0
Bor	B =	11,0	B =	11,0	B_2 =	22,0
Silicium . .	Si =	14,0	Si_2 =	28,0	Si_4 =	56,0
Vanadin . .	V =	25,5	V_2 =	51,0	V_4 =	102,0
Molybdän .	Mo =	48,0	Mo_2 =	96,0	Mo_4 =	192,0
Wolfram . .	Wo =	92,0	Wo_2 =	184,0	Wo_4 =	368,0
Arsen . . .	As =	75,0	As =	75,0	As_4 =	300,0
Antimon . .	Sb =	122,0	Sb =	122,0	Sb_2 =	244,0
Chrom . . .	Cr =	26,0	Cr_2 =	52,0	Cr_4 =	104,0
Tellur . . .	Te =	64,0	Te_2 =	128,0	Te_4 =	256,0
Tantal . . .	Ta =	91,0	Ta_2 =	182,0	Ta_4 =	364,0
Niob	Nb =	47,0	Nb_2 =	94,0	Nb_4 =	188,0
Titan . . .	Ti =	25,0	Ti_2 =	50,0	Ti_4 =	100,0
Zinn	Sn =	59,0	Sn_2 =	118,0	Sn_4 =	236,0
Wasserstoff	H =	1,0	H =	1,0	$H_2 = HH$ =	2,0
Gold	Au =	197,0	Au =	197,0	Au_2 =	394,0
Osmium . .	Os =	99,6	Os_2 =	199,2	Os_4 =	398,4
Iridium . .	Ir =	99,0	Ir_2 =	198,0	Ir_4 =	396,0
Platin . . .	Pt =	99,0	Pt_2 =	198,0	Pt_4 =	396,0
Palladium .	Pd =	53,3	Pd_2 =	106,6	Pd_4 =	213,2

Elemente.	Aequivalent-		Atom-		Molekular-	
	Zeichen.	Zahl.	Zeichen.	Gewicht.	Zeichen.	Gewicht.
Rhodium . .	Rh	= 52,2	Rh_2	= 104,4	Rh_4	= 208,8
Ruthenium .	Ru	= 52,2	Ru_2	= 104,4	Ru_4	= 208,8
Silber . . .	Ag	= 108,0	Ag	= 108,0	Ag_2	= 216,0
Quecksilber	Hg	= 100,0	Hg_2	= 200,0	Hg_2	= 200,0
Kupfer . . .	Cu	= 31,7	Cu_2	= 63,4	Cu_4	= 126,8
Uran	U	= 60,0	U_2	= 120,0	U_4	= 240,0
Wismuth . .	Bi	= 208,0	Bi	= 208,0	Bi_2	= 416,0
Blei	Pb	= 103,5	Pb_2	= 207,0	Pb_4	= 414,0
Thallium . .	Tl	= 204,0	Tl	= 204,0	Tl_2	= 408,0
Cadmium .	Cd	= 56,0	Cd_2	= 112,0	Cd_2	= 112,0
Indium . . .	In	= 37,8	In_2	= 75,6	In_4	= 151,2
Kobalt . . .	Co	= 29,5	Co_2	= 59,0	Co_4	= 118,0
Nickel . . .	Ni	= 29,5	Ni_2	= 59,0	Ni_4	= 118,0
Eisen . . .	Fe	= 28,0	Fe_2	= 56,0	Fe_4	= 112,0
Zink	Zn	= 32,5	Zn_2	= 65,0	Zn_4	= 130,0
Mangan . .	Mn	= 27,5	Mn_2	= 55,0	Mn_4	= 110,0
Cerium . .	Ce	= 46,0	Ce_2	= 92,0	Ce_4	= 184,0
Thorium . .	Th	= 115,5	Th_2	= 231,0	Th_4	= 462,0
Zirkonium .	Zr	= 44,8	Zr_2	= 89,6	Zr_4	= 179,2
Aluminium .	Al	= 13,75	Al_2	= 27,5	Al_4	= 55,0
Yttrium . .	Y	= 30,8	Y_2	= 61,6	Y_4	= 123,2
Erbium . .	E	= 56,3	E_2	= 112,6	E_4	= 225,2
Beryllium .	Be	= 4,65	Be_2	= 9,3	Be_4	= 18,6
Didym . . .	Di	= 47,5	Di_2	= 95,0	Di_4	= 190,0
Lanthan . .	La	= 46,4	La_2	= 92,8	La_4	= 185,6
Magnesium	Mg	= 12,0	Mg_2	= 24,0	Mg_4	= 48,0
Calcium . .	Ca	= 20,0	Ca_2	= 40,0	Ca_4	= 80,0
Strontium .	Sr	= 43,75	Sr_2	= 87,5	Sr_4	= 175,0
Baryum . .	Ba	= 68,5	Ba_2	= 137,0	Ba_4	= 274,0
Lithium . .	Li	= 7,0	Li	= 7,0	Li_2	= 14,0
Natrium . .	Na	= 23,0	Na	= 23,0	Na_2	= 46,0
Rubidium .	Rb	= 85,4	Rb	= 85,4	Rb_2	= 170,8
Caesium . .	Cs	= 133,0	Cs	= 133,0	Cs_2	= 266,0
Kalium . . .	K	= 39,0	K	= 39,0	K_2	= 78,0

28. Welchen Werth haben die chemischen Aequivalent-Zeichen oder Symbole?

Sie haben nicht nur einen qualitativen, sondern auch einen quantitativen Werth. Wenn man Wasser mit HO bezeichnet, so bedeutet dies nicht nur, dass das Wasser aus Wasserstoff und Sauerstoff besteht, sondern dass 9 Theile Wasser aus 1 Thl. Wasserstoff und 8 Thln. Sauerstoff bestehen. Würden die Zeichen blos einen qualitativen Werth haben, so müsste man z. B. Wasser durch H + 8O bezeichnen, weil die im Wasser enthaltene Gewichtsmenge des Sauerstoffes das Achtfache von der Gewichtsmenge des Wasserstoffes beträgt. — Ebenso zeigt HCl nicht blos an, dass Salzsäure aus Wasserstoff und Chlor bestehe, sondern dass 36,5 Thle. Salzsäure aus 1 Thl. Wasserstoff und 35,5 Thln. Chlor bestehen.

Kurz gesagt: jedes der oben auf S. 21 bis 22 angegebenen Zeichen oder Symbole hat zugleich jenen quantitativen Werth, welcher das Aequivalent seines Körpers ausdrückt.

29. Welches ist die Bedeutung der Aequivalentzahlen, welches die der Atom- und der Molekulargewichte?

In der Regel drücken die Aequivalentzahlen das kleinste arithmetische Verhältniss aus, welches zwischen den Bestandtheilen der binären Verbindungen besteht, die Atomgewichte sind aber — aus Gründen der atomistischen Theorie — in vielen Fällen das Doppelte, die Molekulargewichte sogar das Vierfache der Aequivalentzahlen.

30. Werden die einfachen chemischen Symbole (ohne den rechts unten stehenden Exponenten) auch für die Atomgewichte in Anspruch genommen?

Es ist dies in der neueren Zeit von vielen Chemikern für alle Elemente (also auch für die zwei- und vierwerthigen) geschehen. Allein wegen der hievon unzertrennlichen Verwechselung und Verwirrung zumal für den Anfänger ist es schwer zu verantworten, mit

den Symbolen der Aequivalente etwas Anderwerthiges bezeichnen zu wollen, mit anderen Worten, diese Symbole zur Verfügung von Hypothesen und Spekulationen zu stellen, welche in der Entwickelung und Fortführung der wissenschaftlichen Chemie auftauchen. Die neueren Chemiker unterlegen also den Symbolen die Atomgewichtswerthe, ohne dass sie dies andeuten, wie es in der Tabelle auf S. 21 bis 22 geschehen ist. Die vorliegende Auflage dieses Katechismus legt den Symbolen den Werth des bisherigen Aequivalents bei. Hier wollen also durch O 8 Gewichtstheile, nicht 16 Gewichtstheile Sauerstoff, durch Ca 20 Gewichtstheile und nicht 40 Gewichtstheile Calcium bezeichnet werden etc.

31. Vereinigen sich die Körper nur allein in den Verhältnissen, welche durch ihre Aequivalentzahlen ausgedrückt sind?

Nein; viele vereinigen sich allerdings nur in den durch ihre Aequivalentzahlen ausgedrückten Verhältnissen, z. B. Chlor und Wasserstoff zu Salzsäuregas; sehr viele vereinigen sich dagegen in mehreren Verhältnissen miteinander. Diese verschiedenen Verhältnisse des einen Körpers stehen nun aber gegen ein und dieselbe Menge des anderen in einer ganz einfachen Beziehung unter sich; sie sind enstanden durch Multiplication der Aequivalentzahl des einen oder anderen oder auch aller Bestandtheile mit einer einfachen Zahl. Stickstoff verbindet sich z. B. in fünf Verhältnissen mit Sauerstoff; die fünf verschiedenen Mengen Sauerstoff stehen aber gegen ein und dieselbe Menge Stickstoff in einer sehr einfachen Beziehung unter sich:

Stickstoffoxydul	enthält	auf	14	Thl.	Stickstoff	8	Thl.	Sauerstoff
Stickstoffoxyd	„	„	14	„	„	16	„	„
Salpetrige Säure	„	„	14	„	„	24	„	„
Salpetrige Salpetersäure	„	„	14	„	„	32	„	„
Salpetersäure	„	„	14	„	„	40	„	„

Als zweites Beispiel mögen die Oxydationsstufen des Mangans dienen:

Manganoxydul	enthält	auf	27,5	Thl.	Mangan	8	Thl.	Sauerstoff
Manganoxyd	„	„	2 × 27,5	„	„	24	„	„

Mangansuperoxyd enthält auf	27,5 Thl. Mangan	16 Thl. Sauerstoff
Mangansäure „ „	27,5 „ „	24 „ „
Uebermangansäure „ „	2 × 27,5 „ „	56 „ „

Diese einfachen Beziehungen zwischen den verschiedenen Mengen eines Körpers in seinen verschiedenen Verbindungen mit einem anderen nennt man vielfache oder multiple Verhältnisse.

Dieselben multiplen Verhältnisse finden rücksichtlich der Raumtheile (Volume) gasförmiger Körper Statt, wenn sich diese in mehreren Verhältnissen miteinander verbinden. Als Beispiel mögen wiederum die Oxydationsstufen des Stickstoffs dienen:

Stickstoffoxydul	besteht aus 2 Vol. Stickstoff u.	1 Vol. Sauerstoff
Stickstoffoxyd	„ „ 2 „ „ „	2 „ „
Salpetrige Säure	„ „ 2 „ „ „	3 „ „
Salpetrige Salpetersäure	„ „ 2 „ „ „	4 „ „
Salpetersäure	„ „ 2 „ „ „	5 „ „

32. Was nennt man proportionale, was correspondirende Verbindungen?

Proportional heissen alle binären Verbindungen, welche aus einer gleich grossen Anzahl von Aequivalenten ihrer Bestandtheile zusammengesetzt sind. Correspondirend heissen diejenigen binären Verbindungen, welche einen gemeinschaftlichen Bestandtheil enthalten und zugleich aus einer gleich grossen Anzahl von Aequivalenten ihrer Bestandtheile zusammengesetzt sind.

Eisen verbindet sich mit Sauerstoff in zwei Verhältnissen zu Eisenoxydul und Eisenoxyd, deren Sauerstoffmengen sich zu einander verhalten $= 1 : 1\frac{1}{2}$. Ebenso verbindet sich Eisen mit Chlor in zwei Verhältnissen zu Eisenchlorür nnd Eisenchlorid, deren Chlormengen sich zu einander verhalten $= 1 : 1\frac{1}{2}$. Im Eisenoxydul sind auf 28 Thl. (1 Aequ.) Eisen 8 Thl. (1 Aequ.) Sauerstoff enthalten; im Eisenchlorür auf 28 Thl. Eisen 35,5 Thl. (1 Aequ.) Chlor. Eisenoxydul und Eisenchlorür sind daher correspondirende Verbindungen. — Aus später anzuführenden Gründen nimmt man an, dass das Eisenoxyd 2 Aequ. Eisen auf 3 Aequ. Sauerstoff enthalte, weswegen auch das Eisenchlorid aus 2 Aequ. Eisen und 3 Aequ. Chlor

bestehend angesehen werden muss. Eisenoxyd und Eisenchlorid sind daher ebenfalls correspondirende Verbindungen. Auf S. 23 ist bereits angedeutet, dass Salzsäuregas aus 1 Aequ. Chlor und 1 Aequ. Wasserstoff besteht; es ist daher dem Eisenoxydul proportional zusammengesetzt, da letzteres auch aus je einem Aequivalente seiner Bestandtheile besteht. Salzsäure ist aber nicht proportional dem Eisenoxyd, weil dieses aus 2 Aequ. Eisen und 3 Aequ. Sauerstoff besteht.

Quecksilber verbindet sich mit Sauerstoff in 2 Verhältnissen; auf 8 Thl. (1 Aequ.) O enthält das Quecksilberoxydul 200 Thl. (2 Aequ.) Hg, das Quecksilberoxyd 100 (1 Aequ.) Hg. Analog sind im Quecksilberchlorür auf 35,5 Thl. (1 Aequ.) Chlor 200 Thl. (2 Aequ.) Hg, im Quecksilberchlorid auf 35,5 Thl. Chlor 100 Thl. (1 Aequ.) Hg enthalten. Quecksilberoxydul und Quecksilberchlorür sind daher correspondirende Verbindungen, ebenso Quecksilberoxyd und Quecksilberchlorid. Quecksilberoxyd und Salzsäure sind proportional zusammengesetzt, indem beide aus je einem Aequivalente ihrer Bestandtheile bestehen: Quecksilberoxydul und Salzsäure dagegen sind nicht proportional zusammengesetzt.

Wenn eine Auflösung von schwefelsaurem Kupferoxyd durch Jodkalium gefällt wird, so fällt Kupferjodür nieder, dessen weisse Farbe durch ausgeschiedenes Jod verdunkelt wird. Aus dem Umstande, dass nur die Hälfte Jod vom Kupfer gebunden, die andere Hälfte abgeschieden wird, geht hervor, dass keine dem Kupferoxyd correspondirende Jodkupferverbindung gebildet worden ist.

Aus den correspondirenden und proportionalen Verbindungen springt der Nutzen der chemischen Symbole am meisten in die Augen: denn die Verbindungen eines Metalls oder Radicals z. B. mit den verschiedenen nicht metallischen Körpern sind in der Regel correspondirende Verbindungen; die Oxyde, Chloride, Sulfide eines Metalls, die Salze einer Säure etc. bilden Gruppen, und man kennt sie daher alle, sobald man nur eine Formel gleichsam als Typus dem Gedächtnisse eingeprägt hat. Dies ist ein Vortheil, der das Studium der Chemie wesentlich erleichtert und sicher macht.

Correspondirender Bestandtheile in chemischen Verbindungen wird am Schlusse der 36sten Frage gedacht werden.

33. Wird durch die Aequivalentzahlen der Körper in allen Fällen ausgedrückt entweder a., dass sich die Körper unter einander nur in diesen Verhältnissen verbinden, oder b., dass die niederste Verbindungsstufe nach diesen Verhältnissen zusammengesetzt ist?

Nein, einer dieser beiden Fälle findet nur bei der grösseren Anzahl der Aequivalentzahlen Statt, und man kann diese Aequivalentzahlen **ächte** Aequivalente nennen, im Gegensatze von jenen, bei deren Bestimmung man theils keine sicheren Anhaltspunkte hat und daher immer mehr oder weniger Willkür herrschen lassen muss, theils aber aus chemischen Analogieen und anderen gewichtigen Gründen eine andere Zahl festgesetzt hat, die wir deswegen füglich **unächtes** Aequivalent nennen können. Aechte Aequivalentzahlen haben in der Tabelle auf S. 21 bis 22 O Fl Cl Br J S Se P N C V Mo Cr*) Te Ta Nb Sn H Os Ir Pt Pd Rh Ru Ag U Pb Tl Cd In Co Ni Fe Zn Mn Ce Th Y E Di La Mg Ca Sr Ba Li Na Rb Cs K. — Unächte Aequivalentzahlen hingegen werden aus später zu erörternden gewichtigen Gründen folgenden Körpern beigelegt: B Si W As*) Sb Ti*) Au Hg**) Cu**) Bi*) Zr Al Be.

---

*) Anmerkung (**nicht für den Anfänger**). Sobald eine dem Zinnoxydul oder dem Zinnchlorür u. s. f. correspondirende Verbindung des Titans entdeckt werden sollte, tritt Ti mit der nämlichen Aequivalentzahl, welche ihm S. 21 beigelegt wurde, unter die Elemente mit ächter Aequivalentzahl. Ebenso As, sobald eine der unterphosphorigen Säure entsprechende Oxydationsstufe desselben aufgefunden wird etc. Cr wurde deswegen, weil seit der ersten Auflage dieser Schrift ein Chromoxydul entdeckt worden ist, zu den Körpern mit ächter Aequivalentzahl übersiedelt. Bi musste einen Parteigänger machen und, je nachdem im Wismuthoxyd, sowie in dem später entdeckten Wismuthoxydul 1 oder 2 Aequ. Wismuth angenommen wurden, von der einen Reihe zu der anderen wandern.

**) Indem der in dieser Frage enthaltene Ausdruck „niederste Verbindungsstufe" auf Quecksilberoxydul und Kupferoxydul bezogen werden muss, welche beide nicht geradezu nach den auf S. 22 angeführten Aequivalentzahlen zusammengesetzt sind, sondern deren höhere Oxyde (Quecksilberoxyd und Kupferoxyd) aus je einem Aequivalent Metall und Sauerstoff bestehend angesehen werden (s. Frage 56).

Aus dem Umstande, dass Ag und Zn ächte Aequivalentzahlen haben, erhellt nun sogleich, dass, wo Silber durch Zink aus einem gelösten Silbersalze niedergeschlagen wird, 108 Thl. Silber reducirt und dagegen 32,5 Thl. Zink aufgelöst werden. 32,5 Zink sind mithin ein **ächtes** und **wahres** Aequivalent für 108 Silber, indem diese Zahlen die relativen Mengen angeben, mit welchen Zink und Silber für einander in ihren Verbindungen einstehen.

Nicht so verhält es sich, wenn man z. B. aus Goldchlorid die in der obigen Tabelle als Aequivalent des Goldes bezeichnete Menge (197) an metallischem Golde durch Präcipitation mit Zink erhalten will; die Erfahrung lehrt, dass man zu 197 Theilen Gold erst dann gelangt, wenn 3 Aequ. Zink = 97,5 Theile dafür in Auflösung getreten sind. 197 Gold ist also kein ächtes oder wahres Aequivalent für 32,5 Zink, obwohl jene Zahl (197) oder in den früheren Auflagen die halb so grosse Zahl neben Gold steht und dessen Aequivalent heisst oder hiess.

34. Lassen sich zusammengesetzte Körper leicht durch eine chemische Formel bezeichnen, und wie drückt man in einer solchen Formel aus, dass eine Verbindung mehrere Aequivalente eines Stoffes enthalte?

Durch zweckmässige Verbindung der Symbole der einfachen Körper lassen sich alle chemischen Verbindungen sehr einfach in Formeln ausdrücken.

Die Anzahl der Aequivalente in Verbindungen wird durch eine Zahl ausgedrückt, welche als Exponent ehedem rechts oben, jetzt rechts unten neben das Symbol gestellt wird, damit man nicht in Versuchung gerathe, dabei an die mathematische Bedeutung eines Exponenten zu denken.

$N\,O$	ist Stickstoffoxydul		$Mn\,O$	ist Manganoxydul.
$N\,O_2$	„ Stickstoffoxyd		$Mn_2\,O_3$	„ Manganoxyd
$N\,O_3$	„ salpetrige Säure		$Mn\,O_2$	„ Mangansuperoxyd
$N\,O_4$	„ salpetrige Salpetersäure		$Mn\,O_3$	„ Mangansäure
$N\,O_5$	„ Salpetersäure.		$Mn_2\,O_7$	„ Uebermangansäure.

Wird mehreren unmittelbar neben einander stehenden und mit Exponenten versehenen Zeichen eine Zahl vorgesetzt, so multiplicirt diese Zahl alle Exponenten; 2 $Mn_2\ O_3$ heisst mithin 2 Aequivalente Manganoxyd = 4 Aequ. Mangan + 6 Aequ. Sauerstoff. Kommt aber ein + oder ein Komma dazwischen, so hört die Kraft jener Zahl als Multiplicator auf. Durch 3 Pb O + $\bar{A}$ oder 3 Pb O, $\bar{A}$ wird daher eine Verbindung von 3 Aequ. Bleioxyd und 1 Aequ. Essigsäure ausgedrückt. Steht die Zahl vor einer Klammer, so hat sie als Multiplicator nur bis zum Schlusse der Klammer Kraft.

35. Welche willkürlichen Bezeichnungen oder Abkürzungen wurden für die chemischen Symbole gewählt?

Da der Sauerstoff in sehr vielen chemischen Verbindungen vorkommt, so schlägt Berzelius vor, die Aequivalente desselben durch Punkte zu bezeichnen, welche über das Zeichen des mit dem Sauerstoffe verbundenen Körpers gesetzt werden:

K O ist daher = $\dot{K}$
N O „ „ = $\dot{N}$
N O_2 „ „ = $\ddot{N}$
N O_3 „ „ = $\dddot{N}$
N O_4 „ „ = $\ddddot{N}$
N O_5 „ „ = $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{N}$

Ebenso bediente sich Berzelius des Komma's, um die Aequivalente von Schwefel zu bezeichnen:

Schwefelwasserstoff ist daher = $\overset{,}{H}$
Einfach Schwefelkalium K S „ „ = $\overset{,}{K}$
Schwefelkohlenstoff C S_2 „ „ = $\overset{,,}{C}$

Da die Schwefelverbindungen nicht so häufig vorkommen, wie die Sauerstoffverbindungen, so wurde diese Bezeichnungsweise weniger allgemein angenommen, als die für die Sauerstoffäquivalente.

Dieser Striche über (seltener neben) den chemischen Symbolen bedient man sich vielmehr in neuerer Zeit in der Typentheorie, um die hypothetische Basicität, die Werthigkeit der Elemente zu bezeichnen;

Einwerthige oder einbasische	Zweiwerthige oder zweibasische	Dreiwerthige oder dreibasische	Vierwerthige oder vierbasische	Fünfwerthige oder fünfbasische	Sechswerthige oder sechsbasische
$\overset{\prime}{\mathrm{H}}$	$\overset{\prime\prime}{\mathrm{O}}$	$\overset{\prime\prime\prime}{\mathrm{N}}$	$\overset{\prime\prime\prime\prime}{\mathrm{C}}$	$\overset{\mathrm{V}}{\mathrm{Ta}}$	$\overset{\mathrm{VI}}{\mathrm{Mo}}$
$\overset{\prime}{\mathrm{Cl}}$	$\overset{\prime\prime}{\mathrm{S}}$	$\overset{\prime\prime\prime}{\mathrm{P}}$	$\overset{\prime\prime\prime\prime}{\mathrm{Si}}$	Nb	
$\overset{\prime}{\mathrm{Br}}$	$\overset{\prime\prime}{\mathrm{Se}}$	$\overset{\prime\prime\prime}{\mathrm{As}}$	$\overset{\prime\prime\prime\prime}{\mathrm{Ti}}$		
$\overset{\prime}{\mathrm{J}}$	$\overset{\prime\prime}{\mathrm{Te}}$	$\overset{\prime\prime\prime}{\mathrm{Sb}}$	$\overset{\prime\prime\prime\prime}{\mathrm{Pt}}$		
$\overset{\prime}{\mathrm{Ag}}$	$\overset{\prime\prime}{\mathrm{Pb}}$	$\overset{\prime\prime\prime}{\mathrm{Au}}$	$\overset{\prime\prime\prime\prime}{\mathrm{Sn}}$		
$\overset{\prime}{\mathrm{Na}}$	$\overset{\prime\prime}{\mathrm{Ca}}$	$\overset{\prime\prime\prime}{\mathrm{Bi}}$	$\overset{\prime\prime\prime\prime}{\mathrm{Zr}}$		
$\overset{\prime}{\mathrm{K}}$	$\overset{\prime\prime}{\mathrm{Ba}}$	$\overset{\prime\prime\prime}{\mathrm{Al}}$			

Die durch 1 Aequ. H repräsentirte Verwandtschaftsgrösse nennt man Verwandtschaftseinheit und kann dann sagen, $\overset{\prime\prime\prime}{\mathrm{N}}$ habe 3, $\overset{\prime\prime\prime\prime}{\mathrm{C}}$ habe 4 Verwandtschaftseinheiten. Oder man gebraucht die Ausdrücke: $\overset{\prime\prime}{\mathrm{O}}$ ist zweiwerthig, ist äquivalent 2 $\overset{\prime}{\mathrm{H}}$; $\overset{\prime\prime\prime}{\mathrm{N}}$ ist dreiwerthig, ist äquivalent 3 $\overset{\prime}{\mathrm{H}}$. Diesen Bezeichnungen liegen Hypothesen zu Grunde, welche einen Ausbau der neueren, nicht der Berzelius'schen Volumtheorie bezwecken, und namentlich in der organischen Chemie Geltung erlangt haben, und jetzt von Vielen auch auf die anorganischen Verbindungen übergetragen werden. Es ist dabei nie aus den Augen zu lassen, dass diese neueren Chemiker den Symbolen der zweiwerthigen und vierwerthigen Elemente ohne weitere Andeutung den doppelten Werth beilegen, also O, ob sie nun $\overset{\prime\prime}{\mathrm{O}}$ oder O schreiben, = 16, Kohlenstoff, ob sie C oder $\overset{\prime\prime\prime\prime}{\mathrm{C}}$ oder $\overset{\mathrm{IV}}{\mathrm{C}}$ schreiben, = 12 nehmen. — In gleicher Weise wird die „Rolle der organischen Radicale"*), ihre Aequivalenz, Basicität" oder „Zahl der Atomigkeit" durch Kommastriche angezeigt, welche über der Mitte der Formel des Radicals zu stehen kommen.

---

*) d. h. der zusammengesetzten Verbindungen des **Kohlenstoffs**, welche sich wie einfache verhalten, also mit Elementen sich direct verbinden und in solchen Verbindungen durch Elemente ersetzt werden können, auch sich untereinander verbinden.

Wenig Anklang hat seiner Zeit der Vorschlag von Berzelius gefunden, ein Aequ. Selen durch einen Querstrich und ein Aequ. Tellur durch $+$ auszudrücken, welche Zeichen über das Symbol des mit Se und Te verbundenen Körpers zu setzen wären. Diese Bezeichnungsweise ist um so weniger je in Aufnahme gekommen, als man — und $+$, über chemische Symbole gesetzt, bald allgemein zu anderen Zwecken zu benützen anfing. Um nämlich die nicht sehr kurzen Formeln der organischen Säuren und Basen zu vereinfachen, wählt man den Anfangsbuchstaben der lateinischen Namen derselben — bei übereinstimmenden mit Hinzufügung eines anderen — und setzt bei den Säuren einen Querstrich, bei den Basen ein Kreuz darüber, z. B.

1 Aequ.	Essigsäure	$C_4H_3O_3$	$= \overline{\mathrm{A}}$
„ „	Oxalsäure	C_2O_3	$= \overline{\mathrm{O}}$
„ „	Ameisensäure	$C_2H\ O$	$= \overline{\mathrm{Fo}}$
„ „	Benzoesäure	$C_{14}H_5O_3$	$= \overline{\mathrm{Bz}}$
„ „	Morphin	$C_{34}H_{19}N\ O_6$	$= \overset{+}{\mathrm{Mo}}$
„ „	Chinin	$C_{40}H_{24}N_2O_4$	$= \overset{+}{\mathrm{Ch}}$

Keinen Anklang hat der Vorschlag gefunden, die Aequivalente des Wasserstoffs durch Punkte zu bezeichnen, welche unter das Symbol des mit dem Wasserstoffe verbundenen Körpers gesetzt würden; z. B. 1 Aequ. Ammoniak $= N\,H_3 = \underset{\cdots}{N}$

Das Wasser in chemischen Verbindungen bezeichnet Berzelius mit den Anfangsbuchstaben aq, was indessen später nur in so weit Nachahmung fand, als damit vorzugsweise das loser gebundene (Krystall-) Wasser bezeichnet wird, während man das fester gebundene (Hydrat-, Halhydrat-, Constitutions-) Wasser mit H O bezeichnet.

Die Querstriche im unteren Drittheile mehrerer Symbole bedeuten den doppelten Werth des Symbols, also ein Doppelatom, Doppeläquivalent:

$$\mathrm{\rlap{-}Al} = 2\ \mathrm{Al} = \mathrm{Al_2}$$
$$\mathrm{\rlap{-}Fe} = 2\ \mathrm{Fe} = \mathrm{Fe_2}$$

Ursprünglich hat Berzelius diese Bezeichnung eingeführt, um den Aequivalenten H N Cl Br J Fl — der damaligen Volumtheorie zu Lieb — den hypothetischen Charakter von Doppelatomen beizulegen. Als man anfieng, den zweiwerthigen und vierwerthigen Elementen ein dem Doppelten ihrer Aequivalente gleichkommendes Atomgewicht beizulegen, bezeichnete man z. B. ein Atomgewicht Sauerstoff = 16 mit Ө, 1 Atomg. Schwefel = 32 mit S̶ etc.

Wenn man dies nie unterlassen hätte, wäre manche Verwirrung unterblieben, aber anstatt diesen Strich im untern Drittheile des Buchstabenzeichens, welche Letternschrift freilich stets für diesen Zweck vom Drucker angeschafft werden musste, beizubehalten oder die Zahl 2 rechts unten am Symbol fortzuführen, hat man sich einfach erlaubt, die Symbole ohne Weiteres zur Bezeichnung der Atomgewichte zu gebrauchen!

Man hat ferner noch willkürliche Bezeichnungen sowohl für wirkliche, als für gedachte Radicale. So bezeichnet Liebig mit Cfy das Ferrocyan, ein hypothetisches Radical der Doppelverbindungen des Cyans mit Eisen. Dieses Cfy ist eine Verbindung von 1 Aequ. Eisen mit 3 Aequ. Cyan.

Graham bezeichnet mit Pr sein Prussin, d. h. die unzertrennlichen 3 Aequ. Cyan, welche den elektronegativen Bestandtheil in den Doppelverbindungen des Cyans mit Eisen u. s. f. bilden.

Mit Ae wird Aethyl, die auf S. 35 vorzuführende Verbindung von 4 Aequ. C und 5 Aequ. H bezeichnet, welche mit 1 Aequ. O den Aether bildet; mit Me Methyl = C_2H_3, mit Ayl Amyl = $C_{10}H_{11}$.

Mit Kd bezeichnet man Kakodyl, das Radical einer interessanten Reihe von Körpern; es hat die Formel des Alkohol, wenn man sich den Sauerstoffgehalt in diesem durch Arsenik ersetzt denkt.

R bedeutet in allgemeinen Formeln Radical, M Metall.

Mit Am hat man NH_3 = Ammoniak, mit Ad hat man Amid, eine hypothetische Verbindung von 1 Aequ. N und 2 Aequ. H (folglich Ammoniak minus 1 Aequ. H) zu bezeichnen angefangen.

Es ist zu fürchten, dass durch die Festsetzung vieler neuer Symbole der Gebrauch und die Deutlichkeit der übrigen beeinträchtigt

werde. Den sprechenden Beleg hiefür liefert das Symbol Pr, welches auch für das unsichere Protein gebraucht worden ist.

36. Wie wendet man die chemischen Symbole an, um die zusammengesetzten Verbindungen zu bezeichnen, und welchen Vortheil gewähren die Formeln im Studium der Chemie?

Die meisten Chemiker sind übereingekommen, in zusammengesetzten Symbolen die elektropositiven Bestandtheile links zu setzen; indessen ist hier, sowie über die Art der Verbindung zu zusammengesetzten Formeln keine allgemeine Regel angenommen, und es scheint daher am besten, anstatt vieler Regeln an einigen Beispielen die verschiedenen Bezeichnungsweisen zu zeigen:

$\mathrm{C\,O^2} = \mathrm{C\,O_2} = \ddot{\mathrm{C}}$ ist Kohlensäure

$\mathrm{K\,O} = \dot{\mathrm{K}}$ ist Kali

$\mathrm{K\,O,\ C\,O_2} = \mathrm{K\,O} + \mathrm{C\,O_2} = \mathrm{C\,O_2,\ K\,O} = \dot{\mathrm{K}}\,\ddot{\mathrm{C}}$ = kohlens. Kali

$\mathrm{K\,O,\ 2\,C\,O_2} + \mathrm{H\,O} = \mathrm{K\,O} + 2\ \mathrm{C\,O_2} + \mathrm{aq}$ = doppelt kohlens. Kali

$\mathrm{K\,O,\ S\,O_3} = \dot{\mathrm{K}}\,\dddot{\mathrm{S}}$ = schwefelsaures Kali

$\mathrm{Al_2\,O_3,\ 3\,S\,O_3} = \dddot{\mathrm{Al}}\,\dddot{\mathrm{S}}_3$ = schwefelsaure Alaunerde

$\mathrm{K\,O,\ S\,O_3} + \mathrm{Al_2\,O_3,\ 3\,S\,O_3}$ = wasserfreier Alaun

$(\mathrm{K\,O} + \mathrm{S\,O_3}) + (\mathrm{Al_2\,O_3,\ 3\,S\,O_3})$ = wasserfreier Alaun

$\mathrm{K\,O,\ S\,O_3} + \mathrm{Al_2\,O_3,\ 3\,S\,O_3} + 24\,\mathrm{aq}$ = krystallisirter Alaun

$(\mathrm{K\,O} + \mathrm{S\,O_3}) + (\mathrm{Al_2\,O_3} + 3\ \mathrm{S\,O_3}) + 24\ \mathrm{H\,O}$ = krystall. Alaun

$\dot{\mathrm{K}}\,\dddot{\mathrm{S}} + \dddot{\mathrm{Al}}\,\dddot{\mathrm{S}}_3 + 24\ \mathrm{aq}$ = krystallis. Alaun nach Berzelius' Formel.

Man erkennt aus diesen Formeln des Alauns mit einem Blicke, was in Worten ebenso deutlich auszudrücken Mühe macht und Zeit raubt, nämlich: „dass der Sauerstoffgehalt der an Kali gebundenen Schwefelsäure das Dreifache vom Sauerstoffe des Kali's beträgt, dass der Sauerstoff der an die Alaunerde gebundenen Schwefelsäure ebenfalls das Dreifache vom Sauerstoffe der Alaunerde beträgt, dass der Sauerstoff des Krystallwassers das 24fache vom Sauerstoffe des Kali's und das Doppelte vom Sauerstoffe der ganzen Menge Schwefelsäure ist, dass die an Alaunerde gebundene Schwefelsäure das Dreifache von der an Kali gebundenen beträgt" u. s. f.

Die eben aufgeführten Formeln behandeln die anorganischen

Verbindungen nach guter alter Weise als binär zusammengesetzte nach der dualistischen Anschauungsweise. Die Typentheoretiker und die Molekulartheoretiker legen in ihre Formeln ihre Anschauungsweise über die Constitution der Materie nieder. Sehen wir von dem Atomgewichtswerthe der Elementensymbole ab und geben wir diesen den Aequivalentenwerth, so erhalten wir für die oben beispielsweise angeführten Körper folgende typische Formeln:

Mit der Kohlensäure, auch wenn sie dieselbe als das Anhydrid einer imaginären Kohlenhydrosäure (!) $H\ C\ O_3 = \left.\begin{matrix} H \\ CO \end{matrix}\right\} O_2$ betrachten, können sie wenig anfangen, sie ist und bleibt CO_2

Kali kennen sie nur als Kalihydrat $HKO_2 = \left.\begin{matrix} H \\ K \end{matrix}\right\} O_2$

Kohlensaures Kali $= \left.\begin{matrix} K \\ CO \end{matrix}\right\} O_2$ oder KCO_3

Doppelt kohlensaures Kali $= \left.\begin{matrix} HK \\ 2CO \end{matrix}\right\} O_4$ oder $\left.\begin{matrix} K \\ H \end{matrix}\right\} 2CO_3$

Schwefelsaures Kali $= \left.\begin{matrix} K \\ SO_2 \end{matrix}\right\} O_2$ oder KSO_4

Schwefelsaure Alaunerde $= \left.\begin{matrix} Al_2 \\ 3\,(SO_2) \end{matrix}\right\} O_6$ oder $Al_2\ (SO_4)_3$

Wasserfreier Alaun $= \left.\begin{matrix} K \\ SO_2 \end{matrix}\right\} O_2 + \left.\begin{matrix} Al_2 \\ 3\,(SO_2) \end{matrix}\right\} O_6$ oder $\left.\begin{matrix} Al_2 \\ K \end{matrix}\right\} 4SO_4$

Krystallisirter Alaun $= \left.\begin{matrix} K \\ SO_2 \end{matrix}\right\} O_2 + \left.\begin{matrix} Al_2 \\ 3\,(SO_2) \end{matrix}\right\} O_6 + 24$ aq

Um noch gewagteren Hypothesen, als die eben erwähnte von der Kohlensäure ist, namentlich bezüglich der Antimon-Sauerstoff-Verbindungen, um überhaupt dem raschen Farbenwechsel in der Theorie zu entgehen, haben viele Chemiker jede rationelle (und irrationelle) Formel vermieden und sich begnügt, das Resultat der Analyse einer Verbindung einfach nebeneinander zu reihen, d. h. durch die empirische Formel vorzuführen. Damit ist thatsächlich auf den Werth der Formeln bezüglich des Unterrichts und der logischen Gliederung verzichtet.

Bei den organischen Verbindungen stellt man dagegen meistens die Symbole der Bestandtheile willkürlich zusammen und nennt den

erhaltenen Ausdruck eine empirische Formel. Aether hat die empirische Formel C_4H_5O Ordnet man dagegen die Bestandtheile der organischen Verbindung so, dass man sich zugleich — sei es nun eine wirkliche oder nur hypothetische — Rechenschaft über die Art der Zusammensetzung ablegt, so erhält man eine rationelle Formel. Die rationelle Formel für den Aether ist, wenn man ihn als das Oxyd eines Radicals C_4H_5 (des Aethyls) betrachtet, $= C_4H_5 + O$ Eine andere rationelle Formel erhält man für den Aether, wenn man ihn als das Hydrat eines Kohlenwasserstoffs CH (des Elayls) oder C_4H_4 (des Aetherins) betrachtet; er ist dann $4\,CH + HO$ oder $C_4H_4 + HO$

Methylen, hypothet. Radical des Holzgeistes (Dumas)	$C_2\,H_2$
Methyl, Radical des Holzgeistes (Liebig)	$C_2\,H_3$
Methyloxyd, Methyläther, Holzgeistäther	$C_2\,H_3\,O$
Methyloxydhydrat, Methylalkohol, Holzgeist . . .	$C_2\,H_3\,O,\,HO$
Aethylen, Aetherin	$C_4\,H_4$
Aethyl, Radical des gewöhnlichen Aethers u. Alkohols	$C_4\,H_5$
Aethyloxyd, Aether	$C_4\,H_5\,O$
Aethyloxydhydrat, absoluter Alkohol	$C_4\,H_5\,O,\,HO$
Amylen	$C_{10}H_{10}$
Amyl, Radical des Kartoffelfuselöls	$C_{10}H_{11}$
Amyloxyd, Amyläther	$C_{10}H_{11}O$
Amyloxydhydrat, Amylalkohol, Kartoffelfuselöl . . .	$C_{10}H_{11}O,\,HO$

Wie lebendig stehen diese drei Gruppen nebeneinander als homologe Glieder! Wie wohlthuend für jeden Wissbegierigen, welcher sich ohne solche Zusammenstellung dieser in schöner Steigerung unter sich begriffenen Glieder und in trefflicher Harmonie nebeneinander stehenden Gruppen vielleicht schon abgemüht hat, die Formeln, welche die empirische Zusammensetzung dieser Körper ausdrücken, dem Gedächtnisse einzuprägen! Wer nur einmal, wenn auch nur im Fluge, diese Reihen von Formeln erfasst hat, vergisst ihre Verhältnissmässigkeit sein Lebenlang nimmer und reihet ohne Mühe alle anderen Kohlenwasserstoffgruppen an, welche zu einem gewissen Multiplum von CH ein Aequivalent H zuziehen, um yl (ὕλη, Stoff, Basis) zu constituiren, ferner ein Aequivalent O, um ihren

Aether, und endlich ein Aequivalent HO zuziehen, um ihren quasi Alkohol zu bilden.

Das erste Glied der Reihe der Alkoholradicale, deren allgemeine Formel in $C_n H_n + 1$ besteht, ist das Methyl $= C_2 H_2 + {}_1 =$ $C_2 H_3$ Jedes nächstfolgende Glied enthält je 2 CH mehr:

Methyl	$C_2 H_2 + {}_1$	$=$	$C_2 H_3$
Aethyl	$C_4 H_4 + {}_1$	$=$	$C_4 H_5$
Propyl	$C_6 H_6 + {}_1$	$=$	$C_6 H_7$
Butyl	$C_8 H_8 + {}_1$	$=$	$C_8 H_9$
Amyl	$C_{10} H_{10} + {}_1$	$=$	$C_{10} H_{11}$
Caproyl	$C_{12} H_{12} + {}_1$	$=$	$C_{12} H_{13}$

u. s. w.

Die Typentheorie (S. 34) gibt dem Alkohol die atomistische Formel $\left.\begin{matrix} C_2 H_5' \\ H \end{matrix}\right\} \Theta = \left.\begin{matrix} C_4 H_5' \\ H \end{matrix}\right\} O_2$ nach Aequivalenten, um damit anzudeuten, dass $C_4 H_5'$, dass das 6te Aequ. H, dass aber namentlich O_2 eine verchiedene Rolle im Alkohol begleiten, indem sowohl $C_4 H_5'$, als auch das 6te Aequ. H durch ein anderes einatomiges basisches Radical, O_2 aber durch ein elektronegatives Element, z. B. Schwefel ersetzt werden können. Um dies noch deutlicher in die Augen springen zu lassen, hat man diese verschiedenen Rollen nicht blos durch die Stellung, sondern auch durch anders gefärbte oder durch fette Lettern bezeichnet:

$$\left.\begin{matrix} C_4 H_5' \\ \mathbf{H} \end{matrix}\right\} \mathbf{O_2}$$

Die Typentheorie stellt vier Grundformen auf, wornach die chemischen Verbindungen gebildet sind. Sie bestehen aus 1 2 3 4 Atomen Wasserstoff mit Einem Atom eines ein-, zwei-, drei-, vierwerthigen Elements. Diese Grundformen werden repräsentirt durch

Salzsäure nach Atomgew. $HCl = \left.\begin{matrix} H \\ Cl \end{matrix}\right\} = H\,Cl$ nach Aequivalenten

Wasser „ „ $H_2O = \left.\begin{matrix} H \\ H \end{matrix}\right\} O = 2HO$ „ „

$$\text{Ammoniak } H_3N \text{ nach Atomgew.} = \left.\begin{matrix} H \\ H \\ H \end{matrix}\right\} N = H_3N \text{ nach Aequivalenten}$$

$$\text{Sumpfgas } H_4C \quad „ \quad „ \quad = \left.\begin{matrix} H \\ H \\ H \\ H \end{matrix}\right\} C = H_4C_2 \quad „ \quad „$$

Die Uebereinstimmung unter den Gliedern homologer Reihen zeigt sich namentlich darin, dass bei gleichen Zersetzungseinflüssen analoge Produkte hervorgehen:

Methylalkohol	Methylaldehyd (fehlt noch)	Methylaldehyd	Ameisensäurehydr.
$C_2H_4O_2$ u. $2\,O =$	$C_2H_2O_2$ u. $2HO$	$C_2H_2O_2$ u. $2\,O =$	$C_2H_2O_4$
Aethylalkohol	Acetylaldehyd	Acetylaldehyd	Essigsäurehydr.
$C_4H_6O_2$ u. $2\,O =$	$C_4H_4O_2$ u. $2HO$	$C_4H_4O_2$ u. $2\,O =$	$C_4H_4O_4$
Propylalkohol	Propylaldehyd	Propylaldehyd	Propionsäure
$C_6H_8O_2$ u. $2\,O =$	$C_6H_6O_2$ u. $2HO$	$C_6H_6O_2$ u. $2\,O =$	$C_6H_6O_4$
Butylalkohol	Butylaldehyd	Butylaldehyd	Buttersäure
$C_8H_{10}O_2$ u. $2\,O =$	$C_8H_8O_2$ u. $2HO$	$C_8H_8O_2$ u. $2\,O =$	$C_8H_8O_4$
Amylalkohol	Valeraldehyd	Valeraldehyd	Valerians.-Monohydr.
$C_{10}H_{12}O_2$ u. $2\,O =$	$C_{10}H_{10}O_2$ u. $2HO$	$C_{10}H_{10}O_2$ u. $2\,O =$	$C_{10}H_{10}O_4$

Man sieht leicht, dass die unter einander stehenden Glieder homolog sind, während die neben einander stehenden heterologe oder, weil sie aus einander entstehen, genetische Reihen bilden.

Die Symbole zweier Bestandtheile in einer Verbindung, welche gleichsam mit vereinter Kraft und in gleicher chemischer Wirkungsweise gegen einen anderen Bestandtheil stehen, pflegte man schon vor der Periode der Typentheorie unter einander zu setzen; die Formel für das officinelle phosphorsaure Natron ist $\left.\begin{matrix} 2\,NaO \\ HO \end{matrix}\right\} PO_5 + 24\,aq$

Von den 25 Aequ. Wasser, die dasselbe enthält, entweichen beim anhaltenden Erwärmen nur 24 Aequ. Das letzte Aequivalent spielt eine andere Rolle als die des Krystallwassers; es kann nicht durch gelinde Erwärmung, sondern blos durch Glühhitze ausgetrieben werden. Dass dieses Aequivalent als Basis zugegen, dem Natron coordinirt ist, wird einfach und unzweideutig durch obige Formel

ausgedrückt. Wird das *geglühte* Salz in Wasser gelöst und mit salpetersaurem Silberoxyd gefällt, so erhält man unter Zersetzung zweier Aequivalente salpetersauren Silberoxyds einen weissen Niederschlag $2\,AgO, PO_5$. Wird das gewöhnliche Salz von oben genannter Formel auf dieselbe Weise sersetzt, so entsteht, weil *auch für das Aequivalent basischen Wassers* Silberoxyd eintritt, unter Zersetzung dreier Aequivalente salpetersauren Silberoxyds ein gelber Niederschlag von $3\,AgO, PO_5$. Das unter dem Namen Phosphorsalz zu Löthrohrversuchen verwendete phosphorsaure Natron-Ammoniak enthält sogar drei coordinirte Basen: Natron, Ammoniak und Wasser und muss daher durch die Formel $\left.\begin{matrix} NaO \\ NH_4O \\ HO \end{matrix}\right\} PO_5 + 8\,aq$ ausgedrückt werden.

Früher wandte man diese Bezeichnungsart eigentlich blos für solche Körper an, die in ihren Verbindungen mit anderen sich gegenseitig in unbestimmten Mengen — d. h. nicht blos nach ganzen Aequivalenten — ersetzen, wie dies vorzüglich im Mineralreiche vorkommt, wo es z. B. zwischen Eisenoxydul, Manganoxydul, Kalk und Magnesia in den rhomboëdrisch krystallisirenden Bitterspathen, zwischen Arsenik und Antimon in den Fahlerzen, zwischen Blei und Silber u. s. w. in ihren Verbindungen mit anderen Körpern häufig der Fall ist.

Solche Bestandtheile kann man so recht *vikarirende* oder *correspondirende* nennen, weil sie sich gegenseitig nach Maassgabe ihrer Aequivalentzahlen, nach *Aequivalent-Quotienten* vertreten, unter sich correspondiren und je nach ihren relativen chemischen Werthen die gleiche chemische Rolle spielen. Die Formel für den Bitterspath

$\left.\begin{matrix} CaO \\ MgO \\ FeO \\ MnO \end{matrix}\right\} CO_2$ oder, abgekürzt mineralogisch geschrieben: $\left.\begin{matrix} ca \\ mg \\ fe \\ mn \end{matrix}\right\} CO_2$

hat den Werth $= RO, CO_2$ mithin eine ganz andere Bedeutung, als die Formeln der Typentheorie mit untereinander stehenden Zeichen, deren *jedes* ein Atomgewicht ausdrückt.

37. Welches sind die Formeln der zunächst den Pharmaceuten interessirenden Verbindungen nebst ihren Aequivalentzahlen in Beziehung auf H = 1 und HO = 9?

Namen der chemischen Verbindungen. (Willkürlich — doch mit Rücksicht auf alphabetische Ordnung zusammengestellt.)	Formel nach der dualistischen oder Radicaltheorie. Wenn jene nach der Typentheorie beigesetzt ist, ist dies durch Typ.Th. angezeigt.	Aequivalent-Zahl. H = 1.
Aceton, Essiggeist	C_3H_3O	29,0
„ 2 Aequ. betrachtet als Mesityloxydhydrat	C_6H_5O, HO	58,0
„ nach der Typ.Th. Acetyl-Methylür	$\left.\begin{matrix} C_4H'_3O_2 \\ C_2H'_3 \end{matrix}\right\}$	58,0
Aepfelsäure	$C_8H_6O_{10}$	134,0
„ zweibasisch	$2\,HO, C_8H_4O_8$	134,0
„ nach d. Typ.Th. Malylsäure	$\left.\begin{matrix} C_8H'''_3O_4 \\ H_3 \end{matrix}\right\} O_6$	134,0
Aether	C_4H_5O	37,0
„ betrachtet als Aethyloxyd	$C_4H_5O = AeO$	37,0
„ nach d. Typ.Th. Diäthyläther	$\left.\begin{matrix} C_4H'_5 \\ C_4H'_5 \end{matrix}\right\} O_2$	74,0
Aethyl	C_4H_5	29,0
Aethylenchlorid s. unter Kohlenwasserstoff.		
Aethyloxyd, essigsaures, Essigäther, Essignaphtha	$C_4H_5O, \overline{A}$	88,0
„ „ nach d. Typ.Th.	$\left.\begin{matrix} C_4H'_3O_2 \\ C_4H'_5 \end{matrix}\right\} O_2$	88,0
„ önanthsaures, Oenanthsäureäther, Weinfuselöl	$C_4H_5O, C_{14}H_{13}O_2$	150,0
„ salpetrigsaures, mit Weingeist den Spiritus nitri dulcis bildend	C_4H_5O, NO_3	75,0
Aetherschwefelsäure in Salzen	$C_4H_5O, 2SO_3$	117,0
„ frei und möglichst concentrirt	$C_4H_5O, SO_3 + HO, SO_3 + aq$	135,0

Namen der Verbindungen.	**Formel.**	**Aequ.-Zahl.** H = 1.
Aetherschwefelsäure nach der Typ.Th.	$\left.\begin{matrix} S_2\overset{\prime\prime}{O}_4 \\ C_4\overset{\prime}{H}_5H \end{matrix}\right\} O_4 + aq$.	135,0
oder	$\left.\begin{matrix} C_4H_5 \\ H \end{matrix}\right\} 2SO_4 + aq$	135,0
Alaunerde	$Al_2O_3 = AlO_3$	51,5
„ schwefelsaure, wasserleer . . .	$Al_2O_3, 3SO_3$	171,5
„ schwefelsaure, krystallisirt	$Al_2O_3, 3SO_3 + 18\,aq$	333,5
Alaun wasserleer, Alumen ustum	$KO, SO_3 + Al_2O_3, 3SO_3$	258,7
„ Kali-, krystallisirt	$KO, SO_3 + Al_2O_3, 3SO_3 + 24\,aq$	474,7
„ Ammoniak- .	$NH_4O, SO_3 + Al_2O_3, 3SO_3 + 24\,aq$	453,5
„ Kali-Chrom- . .	$KO, SO_3 + Cr_2O_3, 3SO_3 + 24\,aq$	499,6
Aldehyd	$C_4H_4O_2$	44,0
„ betrachtet als Acetylwasserstoff . .	$C_4H_3O_2, H$	44,0
„ = Acetylaldehyd nach der Typ.Th.	$\left.\begin{matrix} C_4\overset{\prime}{H}_3O_2 \\ H \end{matrix}\right\}$ . .	44,0
oder	$\left.\begin{matrix} C_2H_3 \\ C_2O_2H \end{matrix}\right\}$	44,0
Alkarsin und Alkargen s. unter Kakodyl.		
Alkohol absoluter	$C_4H_6O_2$	46,0
„ betrachtet als Aethyloxydhydrat . .	C_4H_5O, HO	46,0
„ nach d. Typ.Th.	$\left.\begin{matrix} C_4\overset{\prime}{H}_5 \\ H \end{matrix}\right\} O_2$	46,0
Spiritus vini alkoholisatus von 0,813 spec. Gew. = 40° B. = 94 Gewichtsproc. (Richt.) = 96 Volumproc. (Trall.) erhalten durch Behandeln und Destilliren des folgenden mit einem Drittheil seines Gewichts scharf ausgetrockneten Chlorcalciums		49,0
Spiritus, Sprit, bessere Handelswaare von 0,823 = 36° B. = 90 % Richt. = 93 % Trall. =		51
Spiritus vini rectificatissimus 0,833 = 34° B. = 84 % Richt. = 90 % Trall.		54,0
Spiritus vini rectificatus 0,892 = 20 % B. = 61 % Richt. = 69 % Trall.		75,0
Allyl, Radical des flüchtigen Senf- u. Knoblauchöls	$C_6H_5 =$	41,0

Namen der Verbindungen.	Formel.	Aequ.-Zahl. H = 1.
Allyl- Rhodanür, flüchtiges Senföl	$C_8H_5NS_2 = C_6H_5, C_2NS_2$	99,0
Allyl- Sulfür, Hauptbestandtheil des flüchtigen Knoblauchöls	$= C_6H_5, S$	57,0
Ameisensäure an Basen gebunden . . .	$\overline{Fo} = C_2HO_3$	37,0
Formyl, Radical der Ameisensäure und des Chloroforms	$= C_2H = Fo$	13,0
Ameisensäurehydrat als Formylsäurehydrat ausgedrückt	$HO, FoO_3 = HO, C_2HO_3$	46,0
„ nach d. Typ.Th.	$\left.\begin{matrix} C_2\acute{H}O_2 \\ H \end{matrix}\right\} O_2$	46,0
Amid	NH_2	16,0
Ammoniak	NH_3	17,0
Ammonium	NH_4	18,0
Ammoniak + 1 Aequ. Wasser = Ammoniumoxyd	NH_4O	26,0
„ Aezammoniakflüssigkeit v. 0,989 = 10 %	NH_3	170,0
Ammoniumoxyd ameisensaures NH_4O, C_2HO_3 zerfällt durch rasches Erhitzen in Blausäure HCy u. 4 aq		63,0
„ ameisensaures, nach d. Typ.Th.	$\left.\begin{matrix} C_2\acute{H}O_2 \\ N\acute{H}_4 \end{matrix}\right\} O_2$	63,0
zerfällt rasch erhitzt in Blausäure (Nitril der Ameisensäure)	$\left.\begin{matrix} C_2H \\ N \end{matrix}\right\}$ und 4 aq	
Ammoniumoxyd bernsteinsaures, im aufgelösten (Empyreuma haltenden) Zustande den Liquor cornu cervi succinatus bildend	$2\ \acute{N}H_4O, C_8H_4O_6 + 2\ aq$	170,0
„ „ n. d. Typ.Th.	$\left.\begin{matrix} C_8\acute{\acute{H}}_4O_4 \\ (NH_4)_2 \end{matrix}\right\} O_4 + 2\ aq$	170,0
„ cyansaures, enthält die Elemente des Harnstoffs und geht beim Erwärmen in Harnstoff über	NH_4O, C_2NO	60,0
„ essigsaures, im aufgelösten Zustande Spiritus Mindereri	$NH_4O, \overline{A}$	77,0
Ammoniak, einfach kohlensaures	NH_3, CO_2	39,0
Ammoniumoxyd 1½fach kohlensaures, Ammonium carbonicum, Sal volatile cornu cervi	$2NH_4O, 3CO_2$	118,0

Namen der Verbindungen.	**Formel.**	**Aequ.-Zahl.** $H = 1$.
Ammoniumoxyd doppelt kohlensaures*)	$NH_4O, 2CO_2 + aq$	79,0
„ oxalsaures neutrales . . .	$NH_4O, \overline{O} + aq$	71,0
„ „ „ doppelt genommen nach d. Typ.Th.	$\left.\begin{matrix} C_4''O_4 \\ (NH_4)_2 \end{matrix}\right\} O_4 + 2\,aq$	142,0
2fach oxalsaures . . .	$NH_4O, 2\overline{O} + 3\,aq$ $= NH_4O, \overline{O} + HO, \overline{O} + 2\,aq$	125,0
„ „ „ n. d. Typ.Th.	$\left.\begin{matrix} C_4''O_4 \\ H.\ NH_4 \end{matrix}\right\} O_4 + 2\,aq$	125,0
Oxamid (wasserfreies exalsaures Ammoniak nach Wegnahme eines Aequ. Wasser)	$NH_2C_2O_2$	44,0
„ dopp. gen. = Oxalylamid d. T.Th.	$\left.\begin{matrix} C_4''O_4 \\ H_2 \\ H_2 \end{matrix}\right\} N_2$	88,0
Ammoniumoxyd phosphorsaures	$\left.\begin{matrix} 2NH_4O \\ H\ O \end{matrix}\right\} PO_5$	132,0
Phosphorsalz s. Natron-Ammoniak phosphorsaures.		
„ salpetersaures, Nitrum flammans .	NH_4O, NO_5	80,0
„ schwefelsaures	NH_4O, SO_3	66,0
Ammoniak schwefelsaures, wasserfreies . . .	NH_3, SO_3	57,0
Ammoniumplatinchlorid, Platinsalmiak . .	$NH_4Cl, Pt\,Cl_2$	223,5
Amygdalin aus weingeistiger Lösung krystallisirt	$C_{40}H_{27}NO_{22}$	457,0
Amylen (als Anaestheticum empfohlen)	$C_{10}H_{10}$	70,0
Amyl	$C_{10}H_{11} = Ayl$	71,0
Amyläther, Amyloxyd	$C_{10}H_{11}O = Ayl\,O$	79,0
„ doppelt genommen Typ.Th. . . .	$\left.\begin{matrix} C_{10}'H_{11} \\ C_{10}'H_{11} \end{matrix}\right\} O_2$	158,0
Amylalkohol, Amyloxydhydrat, Kartoffelfuselöl	$C_{10}H_{11}O + HO$	88,0

---

*) H. Rose hat ausser diesen Verbindungen noch die Existenz mehrerer dazwischen und darüber hinaus liegenden Stufen: $^5/_4$, $^7/_4$ u. $^9/_4$ kohlensaurer Ammoniumoxyde nachgewiesen.

Namen der Verbindungen.	Formel.	Aequ.-Zahl. H = 1.
Amylalalkohol nach der Typ.Th.	$\left.\begin{matrix}C_{10}H_{11}'\\H\end{matrix}\right\}O_2$	88,0
Amylsäure, oxydirter Amylalkohol (Baldriansäure-Hydrat)	$C_{10}H_{11}O, HO$ u. $4O = 2$ aq und $HO, C_{10}H_9O_3$	102,0
„ = Valerylsäure nach der Typ.Th.	$\left.\begin{matrix}C_{10}H_9'O_2\\H\end{matrix}\right\}O_2$	102,0
Amyloxyd baldriansaures (ersetzt das ätherische Apfelöl unter den künstlichen Fruchtessenzen)	$C_{10}H_{11}O, C_{10}H_9O_3$	172,0
„ baldriansaures nach d. Typ.Th. .	$\left.\begin{matrix}C_{10}H_9'O_2\\C_{10}H_{11}'\end{matrix}\right\}O_2$	172,0
Anilin (Krystallin, Kyanol)	$C_{12}H_7N$	93
„ = Phenylamin der Typ.Th.	$\left.\begin{matrix}C_{12}H_5'\\H\\H\end{matrix}\right\}N$	93
„ = Amidobenzol	$C_{12}H_5, NH_2$	93
„ chlorwasserstoffsaures	$C_{12}H_7N, HCl$	129,5
„ schwefelsaures	$C_{12}H_7N, SO_3 + HO$	142
Antimonchlorür (mit freier H Cl das Butyrum antimonii bildend), 3fach Chlorantimon . . .	$Sb\,Cl_3$	228,5
Antimonchlorür-Oxyd, Algarothpulver, mit so viel Wasser gefällt, bis keine Trübung mehr entsteht . .	$5\,Sb\,O_3, Sb\,Cl_3$	
Antimonsuperchlorür	$SbCl_4$	264
Antimonsuperchlorid, Ant.-Chlorid, 5fach Chlorantimon	$SbCl_5$	299,5
Antimonoxyd	SbO_3	146
Antimonoxydhydrat	SbO_3, aq	155
Antimonige Säure = antimonsaurem Antimonoxyde	$2\,SbO_4 = SbO_3, SbO_5$	308
Antimonsäure	SbO_5	162
Antimonsäurehydrat, das Antimonium diaphoreticum ablutum einiger Pharmakopöen, Materia perlata . . .	$SbO_5 +$ aq	171
Antimonsulfür, 3fach Schwefelantimon, Antimonium crudum	SbS_3	170
Antimonsulphür der orangefarb. Niederschlag aus Antimonoxydlösungen durch Schwefelwasserstoff	$SbS_3 +$ aq	179

Namen der Verbindungen.	Formel.	Aequ.-Zahl. H = 1.
Antimonsulfür-Oxyd, Kermes minerale*) .	$2\,SbS_3, SbO_3$	486
Antimonsulfid, Antimonpersulfid, 5fach Schwefelantimon, Sulphur auratum, Goldschwefel	SbS_5	202
Antimonpersulfidcalcium	$3\,Ca\,S, SbS_5$	310
Antimonpersulfidnatrium, Schlippe'sches Salz,	$3NaS, SbS_5 + 18\,aq$	481
Antimonwasserstoff	SbH_3	125
Arsenchlorür, Arsensuperchlorür	$As\,Cl_3$	181,5
Arsenige Säure, Arsenicum album	$As\,O_3$	99,0
Arseniksäure, Arsensäure	$As\,O_5$	115,0
Arsenjodür, Arsensuperjodür	$As\,J_3$	456,0
Arsensubsulfür, Realgar	$As\,S_2$	107,0
Arsensulfür, arsen. Sulfid, Operment, Auripigmentum	$As\,S_3$	123,0
Arsensulfid, Arsenpersulfid	$As\,S_5$	155,0
Arsenwasserstoff	$As\,H_3$	78,0
Asparagin, Asparamid, Althäin . . .	$C_8H_8N_2O_6 + 2\,aq$	150,0
Baldriansäure an Basen gebunden . . .	$C_{10}H_9O_3 = \overline{Va}$	93,0
„ das einfache Hydrat = Amylsäure	$HO, \overline{Va}$	102,0
„ das 3fache Hydrat .	$HO, C_{10}H_9O_3 + 2\,aq$	120,0
„ = Valerylsäure-Bihydrat nach der Typ.Th.	$\left.\begin{matrix}C_{10}\overset{\prime}{H}_9O_2\\H\end{matrix}\right\}O_2 + 2\,aq$	120,0
Baryt	$Ba\,O$	76,5
Barythydrat	$Ba\,O, HO$	85,5
„ krystallisirt	$Ba\,O, H\,O + 8\,aq$	157,5
Baryt chlorsaurer	$Ba\,O, Cl\,O_5 + aq$	161,0
„ chromsaurer	$Ba\,O, Cr\,O_3$	126,7
„ essigsaurer, während des Abdampfens krystallisirt	$Ba\,O, \overline{A} + aq$	136,5
„ kohlensaurer	$Ba\,O, CO_2$	98,5
„ phosphorsaurer, durch Fällen von Chlorbaryum mit officinellem phosphorsauren Natron . .	$\left.\begin{matrix}2\,Ba\,O\\HO\end{matrix}\right\}PO_5$	233

*) Ist nach den verschiedenen Bereitungsmethoden verschieden zusammengesetzt und enthält häufig ein Schwefelsalz $\left.\begin{matrix}K\\Na\end{matrix}\right\}S, SbS_3$

Namen der Verbindungen.	Formel.	Aequ.-Zahl. H = 1.
Baryt pyrophosphorsaurer	$2 BaO, PO_5$	224
„ phosphorsaurer mit 3 Aequ. fixer Basis	$3 BaO, PO_5$	300,5
„ salpetersaurer	BaO, NO_5	130,5
„ schwefelsaurer, Schwerspath	BaO, SO_3	116,5
Benzin, Benzon, Benzol	$C_{12}H_6$	78
„ = Phenylwasserstoff der Typ.Th. . .	$\left.\begin{matrix} C_{12}H_5' \\ H \end{matrix}\right\}$	78
Nitrobenzol	$C_{12}H_5, NO_4$	123
Phenylsäure, Phenyloxydhydrat, Carbolsäure, Steinkohlentheerkreosot .	$C_{12}H_5O, HO = \left.\begin{matrix} C_{12}H_5' \\ H \end{matrix}\right\} O_2$	94,0
Benzoyl	$C_{14}H_5O_2 = Bz$	105,0
Benzoesäure in Salzen	$C_{14}H_5O_3 = \overline{Bz}$	113,0
„ als Benzoyloxyd . . .	$C_{14}H_5O_2, O = Bz\,O$	113,0
Benzoësäurehydrat, Flores benzoës . . .	$HO, C_{14}H_5O^3$	122,0
„ nach der Typ.Th. . .	$\left.\begin{matrix} C_{14}'H_5O_2 \\ H \end{matrix}\right\} O_2$	122,0
Benzoylwasserstoff (ätherisches Bittermandelöl) . .	$Bz\,H = C_{14}H_5O_2, H$	106,0
„ nach der Typ.Th. . . .	$\left.\begin{matrix} C_{14}H_5'O_2 \\ H \end{matrix}\right\}$	106,0
Berberin	$\overset{+}{Be} = C_{42}H_{18}NO_9$	356,0
„ salzsaures, wie es in der Berberiswurzel vorkommt	$\overset{+}{Be}, HCl + aq$	401,5
Bernsteinsäure in Salzen	$C_8H_4O_6 = \overline{S}$	100,0
Bernsteinsäurehydrat	$2HO, C_8H_4O_6 = 2HO, \overline{S}$	118,0
„ nach d. Typ.Th. . . .	$\left.\begin{matrix} C_8H_4''O_4 \\ H_2 \end{matrix}\right\} O_4$	118,0
Beryllerde	Be_2O_3	33,3
Bleioxyd gelbes, Massikot, im geschmolzenen Zustande Bleiglätte genannt	PbO	111,5

Namen der Verbindungen.	Formel.	Aequ.-Zahl. H = 1.
Bleioxyd-Bleisuperoxyd rothes, Mennige	$2\,PbO, PbO_2$	342,5
Bleisuperoxyd braunes	PbO_2	119,5
Bleioxyd chromsaures, Chromgelb	PbO, CrO_3	161,7
„ essigsaures, neutrales ausgetrocknet	$PbO, \overline{A}$	162,5
„ „ krystallisirt, Bleizucker	$PbO, \overline{A} + 3\,aq$	189,5
„ „ n. d. Typ.Th.	$\left.\begin{matrix} C_4H'_3O_2 \\ Pb \end{matrix}\right\} O_2 + 3\,aq$	189,5
„ $^2/_3$ essigsaures, $1\,^1/_2$ basisches, ist neben neutralem essigsauren Bleioxyde der Hauptbestandtheil der Bleiessige, welche mit wenig Bleioxyd bereitet sind	$3\,PbO, 2\,\overline{A}$	436,5
„ $^1/_3$ essigsaures, Hauptbestandtheil der Bleiessige, welche mit überschüssigem Bleioxyde bereitet sind	$3\,PbO, \overline{A}$	385,5
„ gerbsaures	$3\,PbO, C_{54}H_{19}O_{31}$	925,5
„ kohlensaures	PbO, CO_2	133,5
„ bas. kohlens., Bleiweiss	$2\,(PbO, CO_2) + PbO, HO$	387,5
„ phosphorsaures	$3\,PbO, PO_5$	405,0
„ pyrophosphorsaures, polyëdrisches Korn, zu beobachten bei Löthrohrversuchen		294,0
„ salpetersaures	PbO, NO_5	165,5
„ schwefelsaures, Bleivitriol	PbO, SO_3	151,5
Borchlorid	BCl_3	117,5
Borfluorid	BFl_3	68,0
Borsäure	BO_3	35,0
„ krystallisirt	$3\,HO, BO_3$	62,0
Bromkalium	KBr	119,0
Bromsäure	BrO_5	120,0
Bromsilber	$AgBr$	188,0
Bromwasserstoff	HBr	81,0
Cadmiumoxyd	CdO	64,0
„ kohlensaures	CdO, CO_2	86,0
„ schwefelsaures	$CdO, SO_3 + 4\,aq$	140,0
Carbolsäure s. unter Benzin.		
Chinin	$C_{40}H_{24}N_2O_4 = \overset{+}{Ch} = \overset{+}{Qu}$	324,0
Chininhydrat lufttrocken, Chinin krystallisirt	$\overset{+}{Ch}, 6\,aq$	378,0

Namen der Verbindungen.	Formel.	Aequ.-Zahl. H = 1.
Chinin salzsaures	$\overset{+}{Ch}, HCl + 3\,aq$	387,5
„ schwefelsaures einfach- (das officinelle Salz)	$\overset{+}{Ch}, SO_3 + HO + 8\,aq$	445,0
„ „ doppelt-	$\overset{+}{Ch}, SO_3 + HO, SO_3 + 15\,aq$	548,0
Unterchlorige Säure	$Cl\,O$	43,5
Chlorige Säure	$Cl\,O_3$	59,5
Unterchlorsäure	$Cl\,O_4$	67,5
Chlorsäure	$Cl\,O_5$	75,5
Ueberchlorsäure	$Cl\,O_7$	91,5
Chloräther, schwerer Salzäther, mit Weingeist den Spiritus salis dulcis bildend	$C_4H_4Cl_2$	99,0
Chloräthyl, leichter Salzäther	C_4H_5Cl	64,5
„ 3fach gechlortes	$C_4H_2Cl_4$	168,0
„ 4fach gechlortes, Tetrachloräthylchlorür, Aether anaestheticus	C_4HCl_5	202,5
„ „ „ Diesen drei Verbindungen kommt nach der Typ.Th. die Bezeichnung zu: $\left.\begin{matrix}C_4\acute{H}_5\\Cl\end{matrix}\right\}$ 64,5 $\left.\begin{matrix}C_4(\acute{H}_2Cl_3)\\Cl\end{matrix}\right\}$ 168,0	$\left.\begin{matrix}C_4(\acute{H}Cl_4)\\Cl\end{matrix}\right\}$	202,5
Chloralhydrat, Trichloraldehyd-Hydrat .	$C_4Cl_3HO_2, 2\,HO$	165,5
Chlorammonium, Salmiak	NH_4Cl	53,5
„ nach der älteren Theorie als salzsaures Ammoniak betrachtet . . .	NH_3, HCl	53,5
Chlorbaryum wasserfrei	$Ba\,Cl$	104,0
„ krystallisirt	$Ba\,Cl, 2\,aq$	122,0
Chlorblei	$Pb\,Cl$	139,0
Chlorcalcium geschmolzen	$Ca\,Cl$	55,5
„ krystallisirt	$Ca\,Cl, 6\,aq$	109,5
Chlorkalium	$K\,Cl$	74,5
Chlorkalk	$Ca\,O, Cl\,O + Ca\,Cl + 4\,(Ca\,O, HO)$	275,0
Chlorkohlenoxyd, Phosgengas	$C\,O\,Cl$	49,5

Namen der Verbindungen.	Formel.	Aequ.-Zahl. H = 1.
Chlorkohlenoxyd, doppelt genommen Carbonylchlorür nach der Typ.Th.	$\left.\begin{matrix}\overset{''}{C_2O_2}\\ Cl_2\end{matrix}\right\}$	99,0
Chlorlithium	$Li\,Cl$	42,5
Chlornatrium, Kochsalz	$Na\,Cl$	58,5
Chloroform, Formylchlorid	$Fo\,Cl_3 = C_2HCl_3$	119,5
„ nach d. Typ.Th.	$\left.\begin{matrix}\overset{'}{C_2HCl_2}\\ Cl\end{matrix}\right\}$	119,5
Chlorsilber	$Ag\,Cl$	143,5
Chlorstrontium wasserfrei	$Sr\,Cl$	79,25
„ krystallisirt	$Sr\,Cl, 6\,aq$	133,25
Chlorwasserstoff, Salzsäuregas	$H\,Cl$	36,5
Salzsäure von 1,19 sp. Gew. = 38 1/2 % Säuregehalt		95
„ „ 1,16 „ „ = 33 1/3 % „		110
„ „ 1,13 „ „ = 26 % „		138
„ „ 1,124 „ „ = 25 % „		146
„ „ 1,10 „ „ = 20 1/3 % „ (als Ganzes destillirbar)		180
„ „ 1,061 „ „ = 12 1/2 % Säuregehalt		292
Chlorzirkonium	$Zr\,Cl_2$	115,8
Chromchlorür	$Cr\,Cl$	61,5
Chromchlorid	Cr_2Cl_3	158,5
Chromoxydul	$Cr\,O$	34,0
Chromoxyd	Cr_2O_3	76,0
Chromoxydhydrat	$Cr_2O_3 + 6\,aq$	130,0
Chromsäure	$Cr\,O_3$	50,0
Cinchonin	$C_{40}H_{24}N_2O_2 = \overset{+}{Ci}$	308,0
Citronensäure in Salzen	$C_{12}H_5O_{11} = \overline{Ci}$	165,0
„ durch langsames Verdunsten krystall.	$3HO, \overline{Ci} + 2\,aq$	210,0
Citronensäure 3bas. u. 4atom., Typ.Th.	$\left.\begin{matrix}\overset{IV}{C_{12}H_4O_6}\\ H_4\end{matrix}\right\}O_8 + 2\,aq$	210,0
„ anhaltend auf 100° C. erwärmt .	$3\,HO, \overline{Ci}$	192,0

Namen der Verbindungen.	Formel.	Aequ.-Zahl. H = 1.
Coffeïn, Theïn, Guaranin, aus der wässerigen Lösung krystallisirt	$C_{16}H_{10}N_4O_4 + 2$ aq	212,0
Cyan	$C_2N = Cy$	26,0
Cyankalium	K Cy	65,0
„ geschmolzenes, nach Liebig aus 8 Thl. entwässerten Blutlaugensalzes u. 3 Thl. kohlensauren Kalis bereitet	7 K Cy + 3 (KO, Cy O) =	698,0
Cyansäurehydrat	H O, Cy O	43,0
„ n. d. Typ.Th.	$\left.\begin{matrix} C_2\overset{\prime}{N} \\ H \end{matrix}\right\} O_2$	43,0
Bicyansäure, Knallsäure an Basen gebunden	Cy_2O_2	68,0
„ mit 2 aq nach der Typ.Th.	$\left.\begin{matrix} C_4\overset{\prime\prime}{N_2} \\ H_2 \end{matrix}\right\} O_4$	86,0
„ „ „ „ als Nitromethylcyanür	$\widehat{C_2H_2 (NO_4)}, Cy$	86,0
Cyanursäure krystallisirt, Tricyansäure	$3HO, Cy_3O_3 + 4$ aq	165,0
„ n. d. Typ.Th.	$\left.\begin{matrix} C_6\overset{\prime\prime\prime}{N_3} \\ H_3 \end{matrix}\right\} O_6 + 4$ aq	165
Cyansilber	Ag Cy	134,0
Cyansilberkalium	K Cy, Ag Cy	199,0
Cyanwasserstoff, Blausäure	H Cy	27,0
Dextrin in reinem Zustande	$C_{12}H_{10}O_{10}$	162,0
Eisenbromür	Fe Br + 2 aq	126,0
Eisenbromid	$Fe_2Br_3 = \text{Ꞥe} Br_3$	296,0
Eisenchlorür wasserfrei	Fe Cl	63,5
„ abgedampft	Fe Cl, 2 aq	81,5
„ krystallisirt	Fe Cl, 4 aq	99,5
Eisenchlorid, Eisensesquichlorid wasserfrei	$Fe_2Cl_3 = \text{Ꞥe} Cl_3$	162,5
„ krystallisirt	Fe_2Cl_3, 6 aq	216,5
Eisencyanür	Fe Cy	54,0
Eisencyanid	Fe_2Cy_3	134,0
Eisencyanür -cyanid, Pelouze's grünes Präparat	$Fe Cy, Fe_2Cy_3 + 4$ aq	224,0

Namen der Verbindungen.	Formel.	Aequ.-Zahl. H = 1.
Eisencyanür -cyanid, Pariserblau, mit Thonerde vermengt „Berlinerblau“	$3\,Fe\,Cy + 2\,Fe_2Cy_3 + 9\,aq$	511,0
Eisenjodür wasserfrei	$Fe\,J$	155,0
„ krystallisirt	$Fe\,J + 4\,aq$	191,0
Eisenjodid	Fe_2J_3	437,0
Eisenoxydul (Ferroxyd)	$Fe\,O$	36,0
„ kohlensaures, Eisenspath	$Fe\,O, CO_2$	58,0
„ „ künstl. bereitetes	$Fe\,O, CO_2 + aq$	67,0
„ milchsaures	$\left.\begin{matrix}Fe\,O\\H\,O\end{matrix}\right\}C_6H_4O_4 + 3\,aq$	144,0
„ „ n. d. Typ.Th.	$\left.\begin{matrix}C_6\overset{''\,h}{H_4}O_2\\Fe\end{matrix}\right\}O_4 + 3\,aq$	144,0
„ phosphorsaures, Hauptbestandtheil des Ferrum phosph. der Pharm. Germ.	$3\,Fe\,O, PO_5 + 8\,aq$	251
„ schwefelsaures, wasserleer	$Fe\,O, SO_3$	76,0
„ „ krystallisirt, Eisenvitriol	$Fe\,O, SO_3 + HO + 6\,aq$	139,0
Eisenoxyd (Ferridoxyd), Crocus martis adstringens, Rotheisenstein	Fe_2O_3	80,0
Eisenoxydhydrat	Fe_2O_3, HO	89,0
„ 1½faches, das gewöhnlich officinelle, Crocus martis aperitivus	$2\,Fe_2O_3, 3\,HO$	187,0
„ 3faches, Antidot gegen ars. Säure	$Fe_2O_3, 3\,HO$	107,0
Eisenoxydul -oxyd, natürlich vorkommend als Magneteisenstein	$Fe\,O, Fe_2O_3$	116,0
„ -oxyd, Hauptbestandtheil des Aethiops martialis	$Fe\,O, Fe_2O_3 + aq$	125,0
Eisenhammerschlag	$3\,Fe\,O, Fe_2O_3$	188,0
Eisenoxyd citronensaures	$Fe_2O_3, C_{12}H_5O_{11}$	245,0
„ -Ammoniak citronensaures	$(5\,NH_4O + 2\,\overline{Ci} + 6\,aq) + 4\,(Fe_2O_3, \overline{Ci} + 3\,aq)$	
„ essigsaures, eigentlich ⅓ essigsaures, Hauptbestandtheil der Tinctura ferri acetici aetherea Klaprothii	$Fe_2O_3, \overline{A} + x\,aq$	

Namen der Verbindungen.	Formel.	Aequ.-Zahl. H = 1.
Eisenoxyd phosphorsaures	$Fe_2O_3, PO_5 + 8\,aq$	223,0
„ pyrophosphorsaures . .	$2Fe_2O_3, 3PO_5 + 9\,aq$	454,0
„ schwefelsaures	$Fe_2O_3, 3SO_3 + 9\,aq$	281,0
Eisensäure	FeO_3	52,0
Protein, hypothetische Grundmaterie der plastischen Theile im thierischen Organismus	$C_{36}H_{25}N_4O_{10} + 2HO = Pr + 2HO$	?
Eiweissstoff	$20Pr, 8SNH_2, PNH_2 + 20HO$	?
Essigsäure in Salzen, Essigsäureanhydrid	$C_4H_3O_3 = \overline{A} = AcO_3$	51,0
„ nach d. Radicaltheorie als Acetylsäure	$C_4H_3O_2, O$	51,0
„ nach d. Typ.Th.	$\left.\begin{matrix} C_4\acute{H}_3O_2 \\ C_4\acute{H}_3O_2 \end{matrix}\right\} O_2 =$	102,0
Essigsäurehydrat, Eisessig, bei einer 16° C. übersteigenden Wärme flüssig und ein spec. Gewicht von 1,063 besitzend .	$HO, \overline{A} = HO, C_4H_3O_3$	60,0
„ nach d. Typ.Th.	$\left.\begin{matrix} C_4\acute{H}_3O_2 \\ H \end{matrix}\right\} O_2$	60
„ vom höchsten spec. Gewicht 1,079	$HO, C_4H_3O_3 + 2\,aq$	78,0
Essig concentrirter v. 1,040 spec. Gew.	$HO, C_4H_3O_3 + 16\,aq$	204,0
Ferrocyan, Radical der Doppelverbindungen zwischen Cyan und Eisen mit Metallen nach Liebig's Hypothese (s. Kaliumeisencyanür) .	$\widehat{FeCy_3} = Cfy$	106,0
„ nach d. Typ.Th.	$C_6\overset{\prime\prime}{N}_3\widehat{Fe}$	
Fluorblei	$PbFl$	122,5
Fluorcalcium, Flussspath	$CaFl$	39,0
Fluorkalium	KFl	58,0
Fluornatrium	$NaFl$	42,0
Fluorsilicium s. Kieselfluorid.		
Fluorwasserstoff, Flussspathsäure	HFl	20,0
Formyl s. bei Ameisensäure und Chloroform.		
Fuselöl s. Aethyloxyd önanthsaures und Amyloxydhydrat.		

Namen der Verbindungen.	Formel.	Aequ.-Zahl. H = 1.
Gallussäure krystall.	$3HO, \overline{G} + 2aq = 3HO, C_{14}H_3O_7 + 2aq$	188,0
Gerbsäure, Galläpfel-Gerbstoff, Tannin	$3HO, \overline{Qt} = 3HO, C_{54}H_{19}O_{31}$	618,0
Glyceryl, Lipyl, hypothet. Radical d. Glycerins	$Gl = C_9H_5$	41,0
Glycerin, Oelsüss, Glyceryloxydhydrat, Glycerylalkohol, Lipyloxydhydrat	$3HO, C_6H_5O_3 = 3HO, GlO_3$	92,0
„ nach d. Typ.Th. als 3atomiger Alkohol betrachtet	$\left.\begin{matrix}\overset{\prime\prime\prime}{C_6H_5}\\H_3\end{matrix}\right\}O_6 = C_6H_8O_6$	92,0
Nitroglycerin, Nobel's Sprengöl . . .	$\left.\begin{matrix}C_6H_5\\(NO_4)_3\end{matrix}\right\}O_6$	227,0
Goldchlorid	$AuCl_3 + 6aq$	357,5
Goldsalz Figuier's s. Natriumgoldchlorid.		
Goldoxyd	AuO_3	221,0
„ -Ammoniak? Knallgold	$2NH_3, AuO_3$	?
Goldoxydul	AuO	205,0
„ -Natron, unterschwefligsaures	$3(NaO, S_2O_2) + AuO, S_2O_2 + 4aq$	526,0
Gummi bei 100° C. getrocknet	$C_{12}H_{11}O_{11}$	171,0
„ bei 130° C. getrocknet	$C_{12}H_{10}O_{10}$	162,0
Harnsäure	$C_{10}H_4N_4O_6 = 2HO, C_{10}H_2N_4O_4$	168,0
Harnstoff hat die Zusammensetzung des cyansauren Ammoniaks	$C_2H_4N_2O_2 = NH_4O, C_2NO = C_2O_2\left\{\begin{matrix}NH_2\\NH_2\end{matrix}\right.$	60,0
„ oxalsaurer	$C_2H_4N_2O_2, C_2O_3 + aq$	105,0
„ salpetersaurer	$C_2H_4N_2O_2, NO_5 + aq$	123,0
Holzgeist s. Methyloxydhydrat.		
Jodammonium	$NH_4J = NH_3, HJ$	145,0
Jodblei	PbJ	230,5
Jodkalium	KJ	166,0
Jodoform, Formyljodid	$C_2HJ_3 = FoJ_3$	394,0
Jodsäure	JO_5	167,0
Jodsilber	AgJ	235,0
Jodwasserstoff	HJ	128,0
Kakodyl, Radical des Alkarsins u. Alkargens	$C_4H_6As = Kd$	105,0

Namen der Verbindungen.	Formel.	Aequ.-Zahl. H = 1.
Kakodyl als Methylarseniür	$As(C_2H_3)_2$	105
" doppelt genommen n. d. Typ.Th. Arsendimethylür	$= \left.\begin{matrix} As(C_2H_3)_2 \\ As(C_2H_3)_2 \end{matrix}\right\}$	210
Kakodyloxyd, Alkarsin	$C_4H_6AsO = As(C_2H_3)_2O = KdO$	113,0
" doppelt genommen nach der Typ.Th.	$\left.\begin{matrix} Kd \\ Kd \end{matrix}\right\} O_2$	226
Kakodylsäure, Alkargen	$C_4H_6AsO_3 + HO = As(C_2H_3)_2O_3, HO = KdO_3, HO =$	138
Kakodylchlorür, Chlorarsin	$C_4H_6AsCl = As(C_2H_3)_2Cl = KdCl$	140,5
Kakodylchlorid	$As(C_2H_3)_2Cl_3 = KdCl_3$	211,5
Kakodylsulfür, Sulfarsin	$C_4H_6AsS = \left.\begin{matrix} As(C_2H_3)_2 \\ S \end{matrix}\right\} = KdS$	121,0
Kakodylsulfid	$As(C_2H_3)_2S_3 = KdS_3$	
Kali wasserleer	KO	47,0
Kalihydrat, Aezkali, Lapis causticus	KO, HO	56,0
Kaliumhyperoxyd	KO_4	71,0
Kali einfach antimonsaures	$KO, SbO_5 + 7\,aq$	272,0
" doppelt antimonsaures, Antimonium diaphoreticum ablutum einiger Pharmakopöen	$KO, 2SbO_5 + 6\,aq$	425,0
" chlorsaures	KO, ClO_5	122,5
" überchlorsaures	KO, ClO_7	138,5
" einfach chromsaures	KO, CrO_3	97,0
" doppelt chromsaures	$KO, 2CrO_3$	147,0
" cyansaures	KO, CyO	81,0
" " n. d. Typ.Th.	$\left.\begin{matrix} C_2N' \\ K \end{matrix}\right\} O_2$	81,0
" essigsaures	$KO, C_4H_3O_3 = KO, \overline{A}$	98,0
" " n. d. Typ.Th.	$\left.\begin{matrix} C_4H_3'O_2 \\ K \end{matrix}\right\} O_2$	98,0
Kali jodsaures	KO, JO_5	214,0
Kalifeldspath hat, wenn α) Kieselsäure = SiO_3, die Formel des wasserfreien Alauns, in welchem man sich die Schwefelsäure durch Kieselsäure ersetzt denkt	$KO, SiO_3 + Al_2O_3, 3SiO_3$	278,5

Namen der Verbindungen.	Formel.	Aequ.-Zahl. H = 1.
Kalifeldspath hat, wenn β) Kieselsäure = $Si\,O_2$, die Formel	$2KO, 3SiO_2 + 2Al_2O_3, 9SiO_2$	
Kali kieselsaures lösliches, Wasserglas α)	$KO, 2SiO_3 + x\,aq$	
β)	$KO, 3SiO_2 + x\,aq$	
„ kohlensaures	KO, CO_2	69,0
„ doppelt kohlensaures	$KO, 2CO_2 + aq$	100,0
„ übermangansaures, Kalipermanganat . .	KO, Mn_2O_7	158,0
„ oxalsaures einfach	$KO, C_2O_3 + aq$	92,0
„ „ doppelt	$KO, 2C_2O_3 + 3\,aq$	146,0
„ „ 4fach	$KO, 4C_2O_3 + 7\,aq$	
	$= KO, C_2O_3 + 3\,(HO, C_2O_3) + 4\,aq$	254,0
„ salpetersaures, Salpeter	KO, NO_5	101,0
„ schwefelsaures	KO, SO_3	87,0
„ doppelt schwefelsaures	$KO, 2SO_3 + aq$	
	$= KO, SO_3 + HO, SO_3$	136,0
„ weinsaures neutrales, ehedem einfach weinsaures genannt, Tartarus tartarisatus	$2KO, \overline{T}$	226,0
„ weinsaures neutrales nach d. Typ.Th .	$\left.\begin{matrix}\overset{h_2}{\overset{IV}{C_8H_2O_4}}\\ K_2\end{matrix}\right\}O_8$	226,0
„ „ saures, sonst doppelt weinsaures genannt, Weinstein, Cremor tartari .	$\left.\begin{matrix}KO\\ KO\end{matrix}\right\}\overline{T}$	188,0
„ „ „ n. d. Typ.Th. . .	$\left.\begin{matrix}\overset{h_2}{\overset{IV}{C_8H_2O_4}}\\ H, K\end{matrix}\right\}O_8$	188,0
„ „ Antimonoxyd-, Brechweinstein nach Wallquist und Dulk	$\left.\begin{matrix}KO\\ SbO_3\end{matrix}\right\}\overline{T} + 2\,aq$	343,0
„ „ Antimonoxyd-, Brechweinstein nach Dumas	$\left.\begin{matrix}KO\\ SbO_3\end{matrix}\right\}\overline{T} + aq$	334,0
„ „ „ Brechweinstein n. d. Typ.Th.		

mit dem unnatürlichen Radicale Antimonyl $\dot{Sb}O_2$ $\left.\begin{matrix}\overset{h_2}{\overset{IV}{C_8H_2O_4}}\\ Sb\acute{O}_2, K\end{matrix}\right\}O_8 + 2\,aq$ oder von einem anderen Typus abgeleitet: $\left.\begin{matrix}\overset{h_2}{\overset{IV}{C_8H_2O_4}}\\ K, \overset{'''}{Sb}\end{matrix}\right\}O_{10} + 2\,aq$

Namen der Verbindungen.	Formel.	Aequ.-Zahl. H = 1.
Kali-Natron weinsaures, Seignettesalz	$\left.\begin{matrix}KO\\NaO\end{matrix}\right\}\overline{T}, 2HO + 6aq$	282,0
" " " n. d. T.Th.	$\left.\begin{matrix}\overset{h_2}{\overset{IV}{C_8H_2O_4}}\\K, Na\end{matrix}\right\}O_8 + 2HO + 6aq$	282,0
" -Ammoniak weinsaures, Tartarus solubilis ammoniacalis	$\left.\begin{matrix}KO\\NH_4O\end{matrix}\right\}\overline{T} + aq$	214,0
" -Eisenoxyduloxyd weinsaures, Globuli mart. mit metall. Eisen bereitet	$2KO, \overline{T} + x(2FeO, \overline{T}) + x(2Fe_2O_3, 3\overline{T})$	
Boraxweinstein d. deutschen Pharmokopöen, Tartarus boraxatus, Cremor tartari solubilis	$NaO\left\{\begin{matrix}2BO_3\\\overline{T}\end{matrix}\right. + 2KO, \overline{T}$	459,0
Borsäureweinstein der Franzosen	$KO\left\{\begin{matrix}2BO_3\\\overline{T}\end{matrix}\right. + KO, \overline{T}$	428,0
Kaliumeisencyanür, Ferrocyankalium, wasserleer	$2K, Cfy = 2KCy, FeCy$	184,0
" krystallisirt, Kali ferruginoso-hydrocyanicum, gelbes Blutlaugensalz	$2KCy, FeCy + 3aq$	211,0
" " n. d. Typ.Th.	$\left.\begin{matrix}C_6\overset{''}{N_3}Fe\\K_2\end{matrix}\right\} + 3aq$	211,0
Kaliumeisencyanid, Ferridcyankalium, rothes Blutlaugensalz	$3KCy, Fe_2Cy_3 = 3K, 2Cfy$	329,0
" nach d. Typ.Th.	$\left.\begin{matrix}C_{12}\overset{'''}{N_6}Fe_2\\K_3\end{matrix}\right\}$	329,0
Kaliumplatinchlorid	$KCl, PtCl_2$	244,5
Kalk, Aezkalk	CaO	28,0
Kalkhydrat	CaO, HO	37,0
Kalk essigsaurer, zur Trockne verdampft . . .	$CaO, \overline{A}$	79,0
" " krystallisirt	$CaO, \overline{A} + aq$	88,0
" kohlensaurer	CaO, CO_2	50,0
" oxalsaurer, wasserleer	CaO, C_2O_3	64,0
" " krystallisirt	$CaO, C_2O_3 + 2HO$	82,0

Namen der Verbindungen.	Formel.	Aequ.-Zahl. H = 1.
Kalk phosphorsaurer, durch Fällen von Chlorcalcium mittelst des officinellen phosphorsauren Natrons . . .	$\left.\begin{matrix}2CaO\\HO\end{matrix}\right\}PO_5 + 3\,aq$	163,0
„ pyrophosphors., durch Glühen des vorigen erhalten	$2CaO, PO_5$	127
„ phosphorsaurer, wesentliche Zusammensetzung des Apatits, künstlich zu erhalten durch Fällen von ammoniakhaltigem Chlorcalcium mittelst officinellen phosphorsauren Natrons . .	$3CaO, PO_5$	155,0
„ basisch phosphorsaurer, Hauptbestandtheil d. Knochen	$8CaO, 3PO_5 = 2\,(3CaO, PO_5) + 2CaO, PO_5$	437,0
„ salpetersaurer	CaO, NO_5	82,0
„ schwefelsaurer wasserleer, Anhydrit, auch gebrannter Gyps	CaO, SO_3	68,0
„ schwefelsaurer krystall., Gyps	$CaO, SO_3 + HO + aq$	86,0
„ weinsaurer neutraler	$2CaO, \overline{T} + 8\,aq$	260,0
Kieselchlorid	$SiCl_2$	85,0
Kieselfluorid	$SiFl_2$	52,0
Kieselfluorbaryum	$BaFl, SiFl_2$	139,5
Kieselfluorkalium (wenn Kieselsäure = SiO_2)	$KFl, SiFl_2$	110,0
„ („ „ = SiO_3)	$3KFl, 2SiFl_3$	330,0
Kieselfluorwasserstoffs., (w. Kieselsäure = SiO_2)	$HFl, SiFl_2$	72,0
„ („ „ = SiO_3)	$3HFl, 2SiFl_3$	216,0
Kieseloxyd	SiO	22,0
Kieselsäure, Kieselerde, Siliciumdioxyd	SiO_2	30,0
„ als SiO_3 betrachtet		45,0
Kieselwasserstoff	SiH_2	16,0
Kobaltoxyd(ul) salpetersaures	$CoO, NO_5 + 2\,aq$	109,5
„ schwefelsaures	$CoO, SO_3 + 7\,aq$	140,5
Honigsteinsäure	HO, C_4O_3	57,0
„ dopp. gen. Mellithylsäure Typ.	$\left.\begin{matrix}C_8O_4''\\H_2\end{matrix}\right\}O_4$	
Krokonsäure	HO, C_5O_4	63,0
„ doppelt genommen Typ.Th.	$\left.\begin{matrix}C_{10}O_6''\\H_2\end{matrix}\right\}O_4$	
Rhodizonsäure	C_7O_7	98,0

Namen der Verbindungen.	Formel.	Aequ.-Zahl. H = 1.
Kohlenoxyd	CO	14,0
„ doppelt gen. = Carbonyl n. d. Typ.Th.	C''_2O_2	28,0
Chlorkohlenoxyd, Phosgengas s. S. 47.		
Kleesäure (Oxalsäure) in Salzen . . .	$C_2O_3 = \overline{O}$	36,0
„ krystallisirt	$HO, \overline{O} + 2\,aq$	63,0
„ „ auf 100° erhitzt, Klees.-Hydrat	$HO, \overline{O}$	45,0
„ doppelt genommen n. d. Typ.Th.	$\left.\begin{matrix} C''_4O_4 \\ H_2 \end{matrix}\right\} O_4$	90,0
Kohlensäure	CO_2	22,0
„ doppelt genommen nnd 2 aq = Carbonylsäure n. d. Typ.Th.	$\left.\begin{matrix} C''_2O_2 \\ H_2 \end{matrix}\right\} O_4$	62,0
Kohlenstickstoffsäure, Pikrins., Welter's Bitter	$C_{12}H_2N_3O_{13} + HO$	229,0
„ = Trinitrophenylsäure	$C_{12}H_2(NO_4)_3O, HO$	229,0
„ n. d. Typ.Th. . . .	$\left.\begin{matrix} \overbrace{C_{12}H_2\,(NO_4)_3}^{\mathrm{I}} \\ H \end{matrix}\right\} O_2$	229,0
Kohlenwasserstoff im Maximo, Sumpfluft	C_2H_4	16,0
„ im Minimo, ölerzeugendes Gas .	C_4H_4	28,0
Aethylenchlorid	C_4H_4Cl	99,0
Diese empirische Formel kommt auch vielen organischen Kohlenwasserstoffen zu.		
Kreosot, Holztheerkreosot	$C_{14}H_9O_2$	?
Kupferchlorür	Cu_2Cl	98,9
Kupferchlorid	$CuCl$	67,2
„ krystallisirt	$CuCl + 4\,aq$	103,2
„ -Ammoniumchlorid (mit überschüssigem Salmiak den Liquor cupri ammoniato-muriatici bildend und im stark verdünnten Zustande Aqua antimiasmatica genannt)	$x\,NH_4Cl, CuCl + x\,aq$	
Kupfercyanid	$Cu, C_2N = CuCy$	57,7
Kupferjodür	Cu_2J	190,4
Kupferoxydul	Cu_2O	71,4
Kupferoxyd	CuO	39,7

Namen der Verbindungen.	Formel.	Aequ.-Zahl. H = 1.
Kupferoxydhydrat ohne Wärme getrocknet . .	CuO, aq	48,7
Kupferoxyd essigsaures neutrales	$CuO, \overline{A} + aq$	99,7
„ halb essigsaures, Grünspan,	$2\,CuO, \overline{A} + 6\,aq = CuO, \overline{A} + CuO, aq + 5\,aq$	
Schweinfurter Grün . .	$CuO, \overline{A} + 3\,(CuO, AsO_3)$	506,8
Kupferoxyd basisch kohlensaures, künstliches, auch natürlich vorkommend als Malachit	$CuO, CO_2 + CuO, aq$	110,4
„ salpetersaures, abgedampft	CuO, NO_5	93,7
„ salpeters., tafelförmig krystall.	$CuO, NO_5 + 6\,aq$	147,7
„ schwefelsaures, wasserleer	CuO, SO_3	79,7
„ „ krystallisirt, Kupfervitriol	$CuO, SO_3 + HO + 4\,aq$	124,7
„ -Ammoniak schwefelsaures, Cuprum ammoniacale	$NH_4O, SO_3 + NH_3, CuO$	122,7
Kupfersulfür	Cu_2S	79,4
Kupfersulfid	$Cu\,S$	47,7
Lithon kohlensaures	$Li\,O, CO_2$	37,0
„ schwefelsaures	$Li\,O, SO_3 + aq$	64,0
Magnesia (usta)	$Mg\,O$	20,0
Magnesiahydrat	$Mg\,O, HO$	29,0
Magnesia alba . . .	$3\,(MgO, CO_2) + MgO, HO + 3\,aq$	182,0
„ phosphors., erhalten durch Zersetzung von gewöhnlichem phosphorsauren Natron und Bittersalz	$\left.\begin{matrix}2MgO\\HO\end{matrix}\right\} PO_5 + 14\,\dot{aq}$	246,0
„ pyrophosphorsaure, erhalten durch Glühen sowohl der vorigen, als der folgenden .	$2MgO, PO_5$	111,0
„ phosphorsaure Ammoniak-	$\left.\begin{matrix}2MgO\\NH_4O\end{matrix}\right\} PO_5 + 12\,aq$	245,0
„ arseniksaure Ammoniak- .	$\left.\begin{matrix}2MgO\\NH_4O\end{matrix}\right\} AsO_5 + 12\,aq$	289,0
„ schwefelsaure krystallisirte*), Bittersalz	$MgO, SO_3 + HO + 6\,aq$	123,0

*) Das fester gebundene Aequivalent Wasser (Halhydratwasser, in obiger Formel mit HO bezeichnet) kann durch Salze ersetzt werden, wodurch Doppelsalze entstehen.

Namen der Verbindungen.	Formel.	Aequ.-Zahl. H = 1.
Manganchlorür	$MnCl$	63,0
„ krystallisirt	$MnCl + 4\,aq$	99,0
Manganoxydul (Manganmonoxyd)	MnO	35,5
„ kohlensaures	$MnO, CO_2 + aq$	66,5
„ schwefelsaures	$MnO, S_3 + 7\,aq$	138,5
Manganoxyd (Mangansesquioxyd)	Mn_2O_3	79,0
Manganoxyduloxyd	MnO, Mn_2O_3	114,5
Mangansuperoxyd, Braunstein, Mangandioxyd	MnO_2	43,5
Mangansäure	MnO_3	51,5
Uebermangansäure	Mn_2O_7	111,0
Meconsäure krystallisirte	$3HO, C_{14}HO_{11} + 6\,aq$ $= 3HO, (C_{14}HO_8)\,O_3 + 6\,aq = 3HO, \overline{Me} + 6\,aq$	254,0
„ n. d. Typ.Th.	$\left.\begin{matrix} \overset{'''}{C_{14}HO_8} \\ H_3 \end{matrix}\right\} O_6 + 6\,aq$	254,0
Methyl, Radical des Holzgeistes (ebenso wie Aethyl das Radical des Alkohols ist)	$C_2H_3 = Me$	15,0
Methyloxyd, Methyläther, Holzäther	C_2H_3O	23,0
„ doppelt genommen nach d. Typ.Th.	$\left.\begin{matrix} C_2\overset{'}{H_3} \\ C_2\overset{'}{H_3} \end{matrix}\right\} O_2$	46,0
Methyloxydhydrat, Methylalkohol, Holzgeist	C_2H_3O, HO	32,0
„ nach der Typ.Th.	$\left.\begin{matrix} C_2\overset{'}{H_3} \\ H \end{matrix}\right\} O_2$	32,0
Milchsäure an Basen gebunden	$C_6H_4O_4 = \overline{L}$	72,0
„ „ „ „ = Milchsäureanhydrid	$C_6H_4O_2 \{ O_2$	72
Milchsäurehydrat	$2HO, C_6H_4O_4 = 2HO, \overline{L}$	90,0
„ 2basich u. 1atomig d. Typ.Th.	$\left.\begin{matrix} C_6\overset{''h}{H_4}O_2 \\ H \end{matrix}\right\} O_4$	90,0
Molybdänoxydul	MoO	56,0
Molybdänoxyd	MoO_2	64,0
Molybdänsäure	MoO_3	72,0
Molybdänsulfuret, Molybdänglanz	MoS_2	80,0
Molybdänsulfid	MoS_3	96,0

Namen der Verbindungen.	Formel.	Aequ.-Zahl. H = 1.
Morphin in Salzen	$C_{34}H_{19}NO_6 = \overset{+}{Mo}$	285,0
„ krystallisirt	$\overset{+}{Mo}, 2\,aq$	303,0
„ essigsaures	$\overset{+}{Mo}, \bar{A} + 6\,aq$	390,0
„ salzsaures	$\overset{+}{Mo}, HCl + 6\,aq$	375,5
„ schwefelsaures	$\overset{+}{Mo}, SO_3 + HO + 5\,aq$	379,0
Natriumgoldchlorid, Figuier's Goldsalz mit überschüssigem Chlornatrium officinell als Gozzy's Goldsalz, Aurum muriaticum natronatum	$Na\,Cl, Au\,Cl_3 + 4\,aq$	398,0
Natron	NaO	31,0
Natronhydrat	NaO, HO	40,0
Natriumhyperoxyd	NaO_2	39,0
Natron ameisensaures	$NaO, C_2HO_3 = NaO, \overline{Fo}$	68,0
„ „ nach d. Typ.Th. . . .	$\left.\begin{matrix} C_2H'O_2 \\ Na \end{matrix}\right\} O_2$	68,0
„ borsaures wasserfrei	$NaO, 2BO_3$	101,0
„ „ krystallisirt, Borax	$Na\,O, 2\,B\,O_3 + 10\,aq$	191,0
„ chlorsaures	$Na\,O, Cl\,O_5$	106,5
„ essigsaures, abgedampft	$Na\,O, \bar{A} = Na\,O, C_4H_3O_3$	82,0
„ „ „ n. d. Typ.Th.	$\left.\begin{matrix} C_4H'_4O_2 \\ Na \end{matrix}\right\} O_2$	
„ „ krystallisirt	$Na\,O, \bar{A} + 6\,aq$	136,0
„ kohlensaures, Natrum carbonicum dilapsum, im unreinen Zustande: calcinirte Soda . . .	NaO, CO_2	53,0
„ kohlensaures krystallisirt . .	$NaO, CO_2 + 10\,aq$	143,0
„ doppelt kohlensaures . . .	$NaO, 2CO_2 + aq$	84,0
„ metaphosphorsaures, a) phosphorsaures	$Na\,O, P\,O_5$	102,0
„ pyrophosphorsaures, b) phosphorsaures durch Glühen des zerfallenen gewöhnlichen phosphorsauren Natrons erhalten	$2NaO, PO_5$	133,0
„ pyrophosphorsaures krystallisirt	$2NaO, PO_5 + 10\,aq$	223,0

Namen der Verbindungen.	Formel.	Aequ.-Zahl. H = 1.
Natron (c phosphorsaure Salze) phosphorsaures, das officinelle Salz	$\left.\begin{matrix}2NaO\\HO\end{matrix}\right\}PO_5 + 24\,aq$	358,0
„ „ durch anhaltendes gelindes Erwärmen „zerfallen“	$\left.\begin{matrix}2NaO\\HO\end{matrix}\right\}PO_5$	142,0
„ -Ammoniak phosphorsaures, Sal microcosmicum, „Phosphorsalz“ schlechthin	$\left.\begin{matrix}NaO\\NH_4O\\HO\end{matrix}\right\}PO_5 + 8\,aq$	209,0
„ Phosphorsalz n. d. Typ.Th.	$\left.\begin{matrix}Na\\NH_4\\H\end{matrix}\right\}PO_8 + 8\,aq$	209,0
„ salpetersaures, Chilisalpeter	NaO, NO_5	85,0
„ schwefelsaures wasserleer	NaO, SO_3	71,0
„ „ krystallisirt . .	$NaO, SO_3 + 10\,aq$	161,0
„ doppelt schwefelsaures	$NaO, SO_3 + HO, SO_3 + 3\,aq$	147,0
„ unterschwefligsaures	$NaO, S_2O_2 + 5\,aq$	124,0
Nickeloxyd(ul) schwefelsaures . . .	$NiO, SO_3 + 7\,aq$	140,5
Nitrobenzol s. unter Benzol.		
Nitroglycerin s. unter Glycerin.		
Osmiumoxydul	OsO	107,6
Osmiumsesquioxydul	Os_2O_3	223,2
Osmiumoxyd	OsO_2	115,6
Osmiumsäure	OsO_4	131,6
Oxalsäure s. nach Kohlenoxyd unter Kleesäure.		
Oxamid s. unter Ammoniumoxyd oxalsaurem.		
Palladiumchlorür	$PdCl, 2HO$	106,5
Palladiumjodür im Vacuo getrocknet	PdJ	180,3
„ an der Luft getrocknet	PdJ, HO	189,3
Palladiumoxydul	PdO	61,3
Palladiumoxyd	PdO_2	69,3
Phenylsäure s. unter Benzin.		
Phosphorchlorür, Phosphorsuperchlorür	PCl_3	137,5
Phosphorchlorid, Phosphorsuperchlorid	PCl_5	208,5
Unterphosphorige Säure	PO	39,0
Phosphorige Säure wasserfrei	PO_3	55,0

Namen der Verbindungen.	Formel.	Aequ.-Zahl. H = 1.
Phosphorige Säure krystallisirt	$3HO, PO_3$	82,0
Phosphorsäure wasserfrei	PO_5	71,0
„ erstes Hydrat, einbas. Phosphorsäure, [a] Phosphorsäure, Metaphosphorsäure . .	HO, PO_5	80,0
„ zweites Hydrat, zweibasische Phosphorsäure, [b] Phosphorsäure, Paraphosphorsäure, Pyrophosphorsäure	$2HO, PO_5$	89,0
„ drittes Hydrat, dreibasische Phosphorsäure, [c] Phosphorsäure, gewöhnliche Phosphorsäure	$3HO, PO_5$	98,0
Phosphorwasserstoff fester	P_2H	63,0
„ flüssiger, selbstentzündlich . .	PH_2	33,0
„ gasförm., nicht selbst entzündlich	PH_3	34,0
Platinchlorid wasserfrei, wie es mit den organischen Basen Doppelsalze bildet	$PtCl_2$	170,0
„ krystallisirtes	$PtCl_2, 8\,aq$	242,0
Platinsalmiak s. Ammoniumplatinchlorid.		
Platinoxydul	PtO	107,0
Platinoxyd	PtO_2	115,0
Protein s. vor Eiweissstoff.		
Quecksilberbromür	Hg_2Br	280,0
Quecksilberbromid	$Hg\,Br$	180,0
Quecksilberchlorür, Calomel	Hg_2Cl	235,5
Quecksilberchlorid, Sublimat	$Hg\,Cl$	135,5
„ -Amid, Mercurius praecipitatus albus	$HgCl + NH_2, Hg$	251,5
„ „ betrachtet als salzs. Ammoniak-Quecksilberoxyd . .	$NH_3, HCl + 2HgO$	269,5
„ -Chlorammonium, Ammoniumquecksilberchlorid, Alembrothsalz, Salz der Weisheit	$NH_4Cl, HgCl$	189,0
Quecksilbercyanid	$HgCy$	126,0
Quecksilberjodür	Hg_2J	327,0
ıecksilberjodid	HgJ	227,0

Namen der Verbindungen.	Formel.	Aequ.-Zahl. H = 1.
Quecksilberoxydul, Mercurius cinereus Moscati . .	Hg_2O	208,0
" essigsaures	$Hg_2O, \overline{A}$	259,0
" phosphorsaures	$2Hg_2O, PO_5$	487,0
" salpeters. neutrales	$Hg_2O, NO_5 + 2\,aq$	280,0
" " basisches	$3Hg_2O, 2NO_5 + 3\,aq$	759,0
" -Amür salpetersaures, Hauptbestandtheil des Mercurius solubilis Hahnemanni	$Hg_2O, NO_5 + NH_2, Hg_2$	478,0
" -Ammoniak salpeters., ältere Annahme der Zusammensetzung des Mercurius solubilis Hahnemanni	$NH_3, NO_5 + 3Hg_2O$	695,0
" schwefelsaures	Hg_2O, SO_3	248,0
Quecksilberoxyd	HgO	108,0
" ameisensaures	$HgO, \overline{Fo}$	145,0
" essigsaures	$HgO, \overline{A}$	159,0
" knallsaures, Howard's Knall-Quecksilber	$2HgO, Cy_2O_2$	284
" " als Quecksilber-Nitromethylcyanür . .	$\widehat{C_2Hg_2NO_4}, Cy$	284
" salpetersaures neutrales	$HgO, NO_5 + 2\,aq$	180,0
" " 2fach bas.	$2HgO, NO_5 + 2\,aq$	288,0
" " 3fach bas.	$3HgO, NO_5 + aq$	387,0
" schwefelsaures	HgO, SO_3	148,0
" 1/3 schwefels., Turpethum min.	$3HgO, SO_3$	364,0
Quecksilbersulfür	Hg_2S	216,0
Quecksilbersulfid, Zinnober	HgS	116,0
Saligenin entsteht neben 1 Aequ. Zucker bei der Gährung des Salicins	$C_{14}H_8O_4$	124,0
Salicin, Bitterstoff in den Rinden verschiedener Weidenarten . .	$C_{26}H_{18}O_{14} = C_{14}H_8O_4 + C_{12}H_{10}O_{10}$	286,0
Salicylaldehyd im Oel d. Spiraea Ulmaria, in der Larve d. Chrysomela Populi	$C_{12}H_4\left\{\begin{matrix}O_2H\\C_2O_2H\end{matrix}\right.$	122,0
= Spiroylwasserstoffsäure .	$C_{14}H_5O_4 + H$	122,0

Namen der Verbindungen.	Formel.	Aequ.-Zahl. H = 1.
Salicylsäure im flüchtigen Spiraeaöl, ferner durch Einwirkung von Aezkali auf Salicin, Spiroylwasserstoffsäure etc.	$2HO, C_{14}H_4O_4$	138,0
„ nach d. Typ.Th.	$\left.\begin{matrix} C_{14}\overset{\prime\prime}{H_4}O_2 \\ H_2 \end{matrix}\right\} O_4$	138,0
oder	$C_{12}H_4 \left\{\begin{matrix} O_2H \\ C_2O_4H \end{matrix}\right.$	138,0
Salpetersäure s. nach Stickstoffoxyd.		
Salzsäure s. Chlorwasserstoff.		
Santonin	$C_{30}H_{18}O_6$	246,0
Schwefelammonium, Schwefelwasserstoff-Ammoniak	NH_4S	34,0
„ wasserstoffschwefliges, doppelt Schwefelwasserstoff-Ammoniak . .	NH_4S, HS	51,0
Schwefelantimon s. Antimonsulfür.		
Schwefelbaryum	BaS	84,5
Schwefelblei	PbS	119,5
Schwefelcadmium, Cadmiumgelb	CdS	72,0
Schwefelcalcium einfach	CaS	36,0
„ höchstes	CaS_5	100,0
„ wasserstoffschwefliges, Calciumsulfhydrat	$CaS, HS + x\,aq$	
Schwefelcyan, Rhodan	$C_2NS_2 = CyS_2$	58,0
Schwefelcyanammonium	NH_4, CyS_2	76,0
„ , thiocyansaures Ammonium-Oxyd!? nach d. Typ.Th. . . .	$\left.\begin{matrix} C_2\overset{\prime}{N} \\ NH_4 \end{matrix}\right\} S_2$	76,0
Schwefelcyankalium	K, CyS_2	97,0
„ als thiocyansaures Kali . .	$\left.\begin{matrix} C_2\overset{\prime}{N} \\ K \end{matrix}\right\} S_2$	97,0
Schwefelcyanwasserstoff, Rhodanwasserstoff, Schwefelblausäure	H, CyS_2	59,0
„ nach d. Typ.Th. . . .	$\left.\begin{matrix} C_2\overset{\prime}{\widehat{NS_2}} \\ H \end{matrix}\right\}$	59,0

Namen der Verbindungen.	Formel.	Aequ.-Zahl. H = 1.
Schwefelcyanwasserstoff n. d. Typ.Th. als Thiocyansäure betrachtet	$\left.\begin{matrix} C_2N' \\ H \end{matrix}\right\} S_2$	59,0
Schwefeleisen einfach	$Fe\,S$	44,0
„ doppelt-, Schwefelkies	$Fe\,S_2$	60,0
Schwefelkalium erstes, Kaliummonosulfid	$K\,S$	55,0
„ zweites (Kaliumpolysulfide.)	$K\,S_2$	71,0
„ drittes*) (Kaliumpolysulfide.)	$K\,S_3$	87,0
„ viertes (Kaliumpolysulfide.)	KS_4	103,0
„ fünftes**), (Kaliumpolysulfide.) 5fach Schwefelkalium	$K\,S_5$	119,0
Schwefelkohlenstoff, Alkohol sulfuris	$C\,S_2$	38,0
Unterschweflige (dithionige) Säure	S_2O_2	48,0
Pentathionsäure	S_5O_5	120,0
Tetrathionsäure	S_4O_5	104,0
Trithionsäure	S_3O_5	88,0
Schweflige (monothionige) Säure	$S\,O_2$	32,0
Unterschwefelsäure (Dithionsäure)	S_2O_5	72,0
Schwefelsäure (Monothionsäure) wasserfrei	$S\,O_3$	40,0
Schwefelsäurehydrat, Vitriolöl***)	$H\,O, S\,O_3$	49,0
„ als Hydroschwefelsäure (Atomgewicht HSO_4) = $H_2S_2O_8$		98,0
Schwefelsilber	$Ag\,S$	124,0
Schwefelwasserstoff, Hydrothion	$H\,S$	17,0
„ schwefelhaltiger, Wasserstoff-Schwefel, hydrothionige Säure	$H\,S_5$	81,0

*) Bildet den Hauptbestandtheil einer Schwefelleber, welche durch Zusammenschmelzen von 20 Thl. kohlensauren Kali's und 12 Thl. Schwefels bei stärkerer Wärme bereitet worden.

**) Bildet den Hauptbestandtheil jener Schwefellebern, welche durch Zusammenschmelzen von gleichen Theilen kohlensauren Kali's und Schwefels in mässigster Wärme bereitet worden.

***) Durch Verdünnen mit Wasser erhält man $HO, SO_3 + aq$, dann $HO, SO_3 + 2\,aq$ u. s. f., durch welche Formeln zugleich angedeutet ist, dass das Hydratwasser fester gebunden ist und eine andere Rolle spielt, als die weiter zugesetzten Aequivalente.

Namen der Verbindungen.	Formel.	Aequ.-Zahl. H = 1.
Selenige Säure	$Se\ O_2$	55,75
Selensäure	$Se\ O_3$	63,75
Selenwasserstoff	$H\ Se$	40,75
Silberoxyd	$Ag\ O$	116,0
„ arsensaures	$3\ Ag\ O, As\ O_5$	463,0
„ benzoësaures	$Ag\ O, \overline{Bz} = Ag\ O, Bz\ O$	229,0
„ chromsaures neutrales	$Ag\ O, Cr\ O_3$	166,2
„ „ saures	$Ag\ O, 2\ Cr\ O_3$	216,4
„ essigsaures	$Ag\ O, \overline{A} = Ag\ O, C_4H_3O_3$	167,0
„ knallsaures, Knallsilber . . .	$2\ Ag\ O, Cy_2O_5$	300,0
„ „ als Silbernitromethylcyanür betrachtet	$C_2Ag_2NO_4, Cy$	300,0
„ phosphorsaures, sogenannt neutrales, in der That aber pyrophosphorsaures . . .	$2\ Ag\ O, PO_5$	303,0
„ phosphorsaures, sogenannt basisches	$3\ Ag\ O, PO_5$	419,0
„ salpetersaures, im geschmolzenen Zustande Lapis infernalis	$Ag\ O, NO_5$	170,0
„ -Ammoniak salpetersaures	$AgO, NO_5 + 2NH_3$	204,0
„ -Ammoniak? Berthollet's Knallsilber	$NH_3, Ag\ O$?	133,0
„ schwefelsaures	$Ag\ O, SO_3$	156,0
Stärkemehl	$C_{12}H_{10}O_{10}$	162,0
Stickstoffoxydul	$N\ O$	22,0
Stickstoffoxyd	$N\ O_2$	30,0
Salpetrige Säure	$N\ O_3$	38,0
Salpetersaure Salpetrigsäure, Untersalpetersäure doppelt genommen .	$NO_3, NO_5 = 2NO_4$	92,0
Salpetersäure in Salzen	NO_5	54,0
„ „ „ moderne Atomgewichts-Formel $= \left.\begin{matrix} NO_2 \\ NO_2 \end{matrix}\right\} O = 108 = \left.\begin{matrix} NO_4 \\ NO_4 \end{matrix}\right\} O_2$ in Aequival. geschrieben		108,0
Salpetersäurehydrat, concentrirteste Säure von 1,52 spec. Gew. . . .	HO, NO_5	63,0
„ mod. Atomg.-Formel $NHO_3 = \left.\begin{matrix} NO_2 \\ H \end{matrix}\right\} O = \left.\begin{matrix} NO_4 \\ H \end{matrix}\right\} O_2$ in Aequivalenten geschrieben . . .		63,0

Namen der Verbindungen.	Formel.	Aequ.-Zahl. H = 1.
Salpetersäure concentrirte von 1,42 spec. Gewicht	$HO, NO_5 + 3\,aq$	90,0
Scheidewasser von 1,33 spec. Gew. enthält 45%	NO_5	120,0
" " 1,21 " " " 29%	NO_5	186,0
Salpetersäure offic. d. Ph. Gm. v. 1,185 = 26%	NO_5	208
" verd. " " " " 1,089 = 13%	NO_5	415
Strontian wasserleer	$Sr\,O$	51,75
Strontianhydrat	$Sr\,O, HO$	60,75
" krystallisirt	$Sr\,O, HO + 8\,aq$	132,8
Strontian kohlensaurer	$Sr\,O, CO_2$	73,75
" salpetersaurer	$Sr\,O, NO_5$	105,75
" " langsam krystallisirt	$SrO, NO_5 + 5\,aq$	150,75
" schwefels., natürl. als Cölestin vorkommend	SrO, SO_3	91,75
Strychnin krystallisirt .	$C_{42}H_{22}N_2O_4 + 2\,aq = \overset{+}{Str}, 2\,aq$	352,0
" chlorwasserstoffsaures	$\overset{+}{Str}, HCl + 3\,aq$	402,5
" salpetersaures	$\overset{+}{Str}, NO_5 + aq$	397,0
Tanningensäure, Catechus. (versch. v. Gerbstoff)	$C_{54}H_{24}O_{24}$	540,0
Tellurige Säure	$Te\,O_2$	80,0
Tellursäure	$Te\,O_3$	88,0
Tellursäurehydrat	$HO, TeO_3 + 2\,aq$	115,0
Titanoxyd	Ti_2O_3	74,0
Titansäure	$Ti\,O_2$	41,0
Uranoxydul	$U\,O$	68,0
Uranoxyd, Uransäure	U_2O_3, aq	153,0
Uranoxydul -oxyd	$U\,O, U_2O_3$	212,0
Valeriansäure s. Baldriansäure.		
Wasser (Atomgew.-Formel $H_2O = H_2\Theta = 18$) .	HO	9,0
Wasserstoffsuperoxyd	$H\,O_2$	17,0
Weinsäure*), Weinsteinsäure in Salzen .	$C_8H_4O_{10} = \overline{T}$	132,0
Weinsäurehydrat	$2\,HO, \overline{T}$	150,0

*) In dieser vorliegenden, wie in der ersten und vierten Auflage als 2basische Säure genommen, also $\overline{T} = 2\,\overline{T}$ der zweiten und dritten Auflage.

5*

Namen der Verbindungen.	Formel.	Aequ.-Zahl. H = 1.
Weinsäurehydrat, Tartrylsäure 2basisch und 4atomig n. d. Typ.Th.	$\left.\begin{matrix}\overset{IV}{C_8H_2O_4}\\H_4\end{matrix}\right\}O_8$	150,0
Wismuthoxydul	BiO_2	224,0
Wismuthoxyd	BiO_3	232,0
Wismuthsäure	BiO_5	248,0
Wismuthoxyd salpeters., krystallisirt	$BiO_3, 3NO_5 + 9\,aq$	475,0
„ basisch salpetersaures, Magisterium bismuthi	$BiO_3, NO_5 + 2\,aq$	304,0
Wolframoxyd, Scheeloxyd	WO_2	108,0
Wolframsäure, Tungsteinsäure	WO_3	116,0
Zinkchlorid	$ZnCl$	68,0
Zinkcyanid	$ZnCy$	58,5
Zink-Kaliumeisencyanür, Zincum ferro-hydrocyanicum	$(KCy, 3ZnCy) + 2FeCy + 6\,aq$	402,5
Zinkeisencyanür $2ZnCy, FeCy + 3\,aq$ =	$\left.\begin{matrix}C_6N_3,\overset{''}{Fe}\\Zn_2\end{matrix}\right\} + 3\,aq$	
Zinkoxyd	ZnO	40,5
„ baldriansaures wasserfrei	$ZnO, \overline{Va}$	133,5
„ „ „ d. Typ.Th.	$\left.\begin{matrix}C_{10}\overset{'}{H_9}O_2\\Zn\end{matrix}\right\}O_2$	133,5
„ „ wasserhaltig	$ZnO, \overline{Va} + 12\,aq$	241,5
„ essigsaures, in der Kälte krystall.	$ZnO, \overline{A} + 3\,aq$	118,5
„ „ nach der Typ.Th.	$\left.\begin{matrix}C_4\overset{'}{H_3}O_2\\Zn\end{matrix}\right\}O_2 + 3\,aq$	118,5
„ kohlensaures natürliches, Zinkspath, Galmei (Lapis Calaminaris) zum Theil	ZnO, CO_2	62,5
„ basisch kohlensaures, Zincum carbonicum der Officinen	$ZnO, CO_2, aq + 2(ZnO, aq)$	170,5
„ milchsaures	$\left.\begin{matrix}ZnO\\HO\end{matrix}\right\}C_6H_4O_4 + 3\,aq$	148,5
„ schwefelsaures, das krystallisirte durch Erhitzen möglichst entwässert	$ZnO, SO_3 + HO$	89,5
„ schwefels. kryst., Zinkvitriol	$ZnO, SO_3 + HO + 6\,aq$	143,5

Namen der Verbindungen.	Formel.	Aequ.-Zahl. H = 1.
Zinnchlorür, flüssiges Zinnsalz	$SnCl (+ x aq)$	94,5
„ krystallisirt, Zinnsalz	$SnCl, 2HO$	112,5
Zinnchlorid, Spiritus fumans Libavii	$SnCl_2$	130,0
Zinnoxydul	SnO	67,0
Zinnoxyd, Zinnsäure	SnO_2	75,0
Zinnsulfid	SnS_2	91,0
Zirkonerde	ZrO_2	60,8
Zirkonerdehydrat	$ZrO_2, 2HO$	78,0
Zucker, Rohrzucker	$C_{12}H_{11}O_{11}$	171,0
„ Milchzucker	$C_{12}H_{11}O_{11} + aq$	189,0
„ „ auf 130° erhitzt	$C_{12}H_{11}O_{11}$	171,0
„ „ „ 175° „ (Lactocaramel)	$C_{12}H_{10}O_{10}$	162,0
„ Traubenzucker	$C_{12}H_{12}O_{12} + 2 aq$	198,0
„ „ auf 100° erhitzt . .	$C_{12}H_{12}O_{12}$	180,0

38. Was versteht man unter dem Grammenäquivalent eines Körpers?

Das Aequivalentgewicht eines Körpers in Grammen genommen. Wenn man also sagt: 1000 C.-C. (Cubik-Centimeter) titrirter Oxalsäurelösung ($HO, C_2O_3 + 2 aq = 63,0$) enthalten ein Grammenäquivalent, so versteht man hierunter eine Auflösung von 63 Gramm der kryst. Oxalsäure in so viel Wasser, dass die Lösung 1000 C.-C. = 1 Liter misst. Demnach enthält also 1 C.-C. der Lösung das Milligrammenäquivalent der Oxalsäure.

$^1/_{10}$ Silberlösung (Decigrammen-Aequivalent) enthält in 1000 C.-C. $^1/_{10}$ Aequ. = 17,0 Grammen salpetersaures Silberoxyd gelöst. Eine Halbzehntel-Lösung von arseniger Säure enthält in 1000 C.-C. $^1/_{20}$ Aequ. = 4,95 Gramm arsenige Säure etc.

39. Wie wendet man die chemischen Formeln zur Erklärung eines chemischen Processes als symbolische Aetiologie an?

Man schreibt die Formeln jener Körper, bei deren Zusammentreffen ein chemischer Process eintritt, neben einander und verbindet

sie durch das Zeichen der Gleichheit mit den Formeln jener Körper, welche bei dem chemischen Processe entstehen. Wo es die Deutlichkeit erfordert, geschieht dies auf Umwegen, indem man mehrere Zwischenglieder einsetzt. Diese Zwischenglieder kommen mit dem weiteren Fortschreiten der Chemie immer mehr in Aufnahme, da leicht einzusehen ist, dass zur Kenntniss eines chemischen Processes nicht nur der Anfang und das Ende des Processes gehört, sondern dass man in vielen Fällen vorzüglich die Zwischenvorgänge genau studiren muss, um sagen zu dürfen, man kenne den Process durch und durch.

Zur Uebung ist der Vorgang, wie die jüngeren Chemiker ihn nach der modernen Chemie mit den Formeln in **Atomgewichtswerth** $H = 1$ und Wasser $= H_2O = 18$ (vgl. 2te Colonne auf S. 21 u. 22) sich vorstellen, in schiefstehender Schrift beigesetzt.

a) Umwandlung des Quecksilberchlorids in Quecksilberchlorür durch Zusatz von Quecksilber:

$$\mathrm{HgCl} \text{ und } \mathrm{Hg} = \mathrm{Hg_2Cl}$$

Umwandlung des Merkuridchlorids in Merkurochlorid nach Atomg.-Formeln: $Hg\,Cl_2$ und $Hg = Hg_2\,Cl_2$

b) Bildung des Quecksilberchlorürs auf nassem Wege durch Zersetzung eines Aequ. salpetersauren Quecksilberoxyduls und eines Aequ. Kochsalzes:

$$\mathrm{Hg_2O,\ NO_5} + 2\ \mathrm{aq} \text{ u. } \mathrm{NaCl} = 2\ \mathrm{aq} \text{ u. } \mathrm{NaO,\ NO_5} \text{ u. } \mathrm{Hg_2Cl}$$

Bildung des Merkurochlorids mittelst Zersetzung eines Atoms Merkuronitrats durch 2 Atomgewichte Kochsalz:

$$Hg_2\begin{cases}NO_3\\NO_3\end{cases} + 4H_2O \text{ u. } 2NaCl = Hg_2Cl_2 \text{ u. } Na_2\begin{cases}NO_3\\NO_3\end{cases} \text{u. } 4H_2O$$

oder:

$$\left.\begin{matrix}2HgO\\2NO\end{matrix}\right\}O_2 + 4H_2O \text{ u. } 2NaCl = Hg_2Cl_2 \text{ u. } \left.\begin{matrix}2NaO\\2NO\end{matrix}\right\}O_2 \text{ und } 4H_2O$$

c) 1 Aequ. Schwefel und 1 Aequ. Eisen vereinigen sich zu 1 Aequ. Schwefeleisen:

$$\mathrm{S} \text{ und } \mathrm{Fe} = \mathrm{FeS}$$

Weil für diese beiden Elemente die Atomgewichte doppelt so gross sind, als die Aequivalentgewichte, bleibt die Formel dieselbe:

$$S \text{ und } Fe = FeS$$

d) 1 Aequ. Schwefeleisen und 1 Aequ. Schwefelsäurehydrat liefern 1 Aequ. schwefelsaures Eisenoxydul und 1 Aequ. Schwefelwasserstoff:

$$FeS \text{ und } HO, SO_3 = FeO, SO_3 \text{ und } HS$$

1 Atomg. Schwefeleisen und 1 Atomg. Schwefelhydrosäure bilden 1 Atomg. Ferrosulfat und 1 Atomg. Schwefelwasserstoff:

Typische Formel:

$$FeS \text{ und } \left.\begin{matrix} \overset{''}{S}O_2 \\ H_2 \end{matrix}\right\} O_2 = \left.\begin{matrix} \overset{''}{S}O_2 \\ Fe \end{matrix}\right\} O_2 \text{ und } H_2S$$

Empirische Formel:

$$FeS \text{ und } H_2SO_4 = FeSO_4 \text{ und } H_2S$$

e) 1 Aequ. Schwefel verbindet sich beim Verbrennen an der Luft mit 2 Aequ. Sauerstoff zu schwefliger Säure, welche allmälig durch Anziehen von noch einem Aequ. Sauerstoff in Schwefelsäure übergeht; in Fabriken, welche die Schwefelsäure durch Verbrennen des Schwefels bereiten, wird das Zutreten des dritten Aequ. Sauerstoffs durch NO_2 oder die von demselben aufwärts liegenden Oxydationsstufen des Stickstoffs vermittelt und beschleunigt:

$$NO_2 \text{ und } 2\,O \text{ aus der Atmosphäre} = NO_4$$

$$3\,NO_4 \text{ und } 2 \text{ aq in Dampfform} = 2\,(HO, NO_5) \text{ und } NO_2$$

$$3\,SO_2 \text{ und } NO_5 \text{ und } 3 \text{ aq} = 3\,(HO, SO_3) \text{ und } NO_2$$

Der Endprocess der Bildung von Schwefelsäurehydrat aus Schwefel lässt sich darstellen durch

$$S \text{ und } 3\,O \text{ und aq} = HO, SO_3$$

Die Aequivalentenformel NO_2 = Stickstoffoxyd = 30

„ Atomgewichtsformel NO = „ = 30

$$NO \text{ und } O \text{ aus der Atmosphäre} = NO_2$$

$$3NO_2 \text{ und } H_2O = 2NHO_3 \text{ und } NO$$

$$3SO_2 \text{ und } 2NHO_3 \text{ und } 2H_2O = 3H_2SO_4 \text{ und } 2NO$$

Endprocess:

$$S \text{ und } 3O \text{ und } H_2O = H_2SO_4$$

f) 1 Aequ. Magnesia alba wird beim Glühen zersetzt in 4 Aequ. Magnesia usta, 3 Aequ. Kohlensäure und 4 Aequ. Wasser:

$$3\,(MgO, CO_2) + MgO, HO + 3 \text{ aq} = 4\,MgO \text{ u. } 3\,CO_2 \text{ u. } 4 \text{ aq}$$

$$3\,\left.\begin{matrix} Mg \\ CO \end{matrix}\right\} O_2 + \left.\begin{matrix} Mg \\ H_2 \end{matrix}\right\} O_2 + 3\,H_2O = 4MgO \text{ und } 3CO_2 \text{ und } 4\,H_2O$$

g) 1 Aequ. Weinstein und 1 Aequ. krystallisirtes kohlensaures Natron geben 1 Aequ. Seignettsalz, 1 Aequ. Kohlensäure u. 3 Aequ. Wasser:

$$\left.\begin{matrix}KO\\HO\end{matrix}\right\}\overline{T} \text{ u. } NaO, CO_2 + 10 \text{ aq} = \left.\begin{matrix}KO\\NaO\end{matrix}\right\}\overline{T}, 2HO + 6 \text{ aq u. } CO_2 \text{ u. } 3 \text{ aq}$$

$$2\left(\left.\begin{matrix}H\\K\end{matrix}\right\}C_4H_4O_6\right) \text{ und } \left.\begin{matrix}Na\\Na\end{matrix}\right\}CO_3 + 10H_2O =$$

$$2\left(\left.\begin{matrix}Na\\K\end{matrix}\right\}C_4H_4O_6 + 4H_2O\right) \text{ und } CO_2 \text{ und } 3H_2O$$

h) Durch Zersetzung eines Aequ. salpetersauren Silberoxyds und eines Aequ. Chlornatriums entsteht 1 Aequ. Chlorsilber und 1 Aequ. salpetersaures Natron:

$$Ag\,O, NO_5 \text{ und } Na\,Cl = Na\,O, NO_5 \text{ und } Ag\,Cl$$

$$\left.\begin{matrix}Ag\\NO_2\end{matrix}\right\}O \text{ und } Na\,Cl = \left.\begin{matrix}Na\\NO_2\end{matrix}\right\}O \text{ und } Ag\,Cl$$

i) Durch Zersetzung eines Aequ. pyrophosphorsauren Natrons mit 2 Aequ. salpetersauren Silberoxyds entsteht 1 Aequ. eines weissen Niederschlages von pyrophosphorsaurem Silberoxyd und 2 Aequ. salpetersaures Natron; die über dem Niederschlag stehende Flüssigkeit röthet Lakmus nicht.

$$2\,Na\,O, PO_5 \text{ und } 2\ (Ag\,O, NO_5)$$
$$= 2\,Ag\,O, PO_5 \text{ und } 2\ (Na\,O, NO_5)$$

$$\left.\begin{matrix}Na_4\\2PO\end{matrix}\right\}O_5 \text{ und } 4\left.\begin{matrix}Ag\\NO_2\end{matrix}\right\}O = \left.\begin{matrix}Ag_4\\2PO\end{matrix}\right\}O_5 \text{ und } 4\left.\begin{matrix}Na\\NO_2\end{matrix}\right\}O$$

Oder die typische Formel mit dem hypothetischen Radicale Phosphoryl PO

$$\begin{matrix}\overset{'''}{PO}\left\{\begin{matrix}O\,Na\\O\,Na\end{matrix}\right.\\O\\\overset{'''}{PO}\left\{\begin{matrix}O\,Na\\O\,Na\end{matrix}\right.\end{matrix} \text{ und } 4\left.\begin{matrix}Ag\\NO_2\end{matrix}\right\}O = \begin{matrix}\overset{'''}{PO}\left\{\begin{matrix}O\,Ag\\O\,Ag\end{matrix}\right.\\O\\\overset{'''}{PO}\left\{\begin{matrix}O\,Ag\\O\,Ag\end{matrix}\right.\end{matrix} \text{ und } 4\left.\begin{matrix}Na\\NO_2\end{matrix}\right\}O$$

Minder schwülstig, auch minder erschreckend ist gewiss die empirische Formel:

$$Na_4P_2O_7 \text{ und } 4\,Ag\,NO_3 = Ag_4P_2O_7 \text{ und } 4\,Na\,NO_3$$

k) Bei Zersetzung eines Aequ. gewöhnlichen phosphorsauren Natrons durch 3 Aequ. salpetersauren Silberoxyds entsteht 1 Aequ.

eines gelben Niederschlages von phosphorsaurem Silberoxyd, 2 Aequ. salpetersaures Natron, 24 Aequ. Wasser und 1 Aequ. Salpetersäurehydrat; die über dem Niederschlage stehende Flüssigkeit röthet daher Lakmus.

$$\left.\begin{matrix}2\,NaO\\HO\end{matrix}\right\}PO_5 + 24\text{ aq und } 3\ (AgO,\ NO_5)$$

$$= 3\,AgO,\ PO_5 \text{ und } 2\ (NaO,\ NO_5) \text{ und } 24 \text{ aq und } HO,\ NO_5$$

1 Atomg. monophosphorsaures Natron (Hydro-Dinatriumphosphat HNa_2PO_4) und 3 Atomgew. $AgNO_3$ bilden 1 Atomgew. Ag_3PO_4, 12 Atomgew. Wasser und 1 Atomgew. Salpetersäure:

$$\left.\begin{matrix}HNaNa\\PO\end{matrix}\right\}O_3 + 12H_2O \text{ und } 3\,AgNO_3 = \left.\begin{matrix}Ag_3\\PO\end{matrix}\right\}O_3 \text{ und } 2\left.\begin{matrix}Na\\NO\end{matrix}\right\}O$$

$$\text{und } 12H_2O \text{ und } \left.\begin{matrix}H\\NO_2\end{matrix}\right\}O$$

Oder in empirischer Formel ausgedrückt:

$$Na_2HPO_4 \text{ und } 12H_2O \text{ und } 3AgNO_3 = Ag_3PO_4 \text{ und } 2NaNO_3$$
$$\text{und } 12H_2O \text{ und } HNO_3$$

l) Wo sich Blausäure und salpetersaures Silberoxyd treffen, entsteht Cyansilber und freie Salpetersäure:

$$HCy \text{ und } AgO,\ NO_5 = AgCy \text{ und } HO,\ NO_5$$

$$HCN \text{ und } AgNO_3 = AgCN \text{ und } HNO_3$$

Bei der Prüfung von Kirschlorbeerwasser u. s. f. wird zur vollständigen Fällung des Cyansilbers salpetersaures Silberoxydammoniak unter späterem Zusatze von freier Salpetersäure angewendet.

m) Die Liebig'sche Prüfung auf den Gehalt an H Cy mittelst der Titrirmethode beruht auf dem Erfahrungssatze, dass, wo Cyankalium zugegen ist, dieses (oder besser Chlornatrium) erst dann auf salpetersaures Silberoxyd fällend einwirkt, nachdem der ganze Cyan- (eigentlich Blausäure-) Gehalt der Flüssigkeit zur Bildung von K Cy, Ag Cy verwendet ist. Dieses Cyansilber-Cyankalium ist leicht löslich. In der Ausführung ist der zu untersuchenden Blausäure Aezkali bis zur alkalischen Reaction zuzusetzen, ebenso ein wenig Kochsalzlösung, weil aus der Einwirkung dieser auf die allmälig zugesetzte Silberlösung — schneller als aus der Einwirkung des Cyandoppelsalzes — durch eine beim Umschütteln bleibende Trübung

erkannt werden kann, dass keine freie Blausäure mehr vorhanden ist, um ferner noch lösliches Doppelsalz zu bilden. 2 Aequ. Blausäure, welche durch Sättigung mit Kalilauge in Cyankalium verwandelt worden sind, 2 H Cy und 2 K O = 2 K Cy und 2 H O, zersetzen 1 Aequ. salpetersaures Silberoxyd unter Bildung von 1 Aequ. löslichem Cyansilber-Cyankalium und 1 Aequ. salpetersaurem Kali.

$$2\,K\,Cy \text{ und } Ag\,O,\ N\,O_5 = K\,Cy,\ Ag\,Cy \text{ und } K\,O,\ N\,O_5$$

$$\mathit{2KCN} \text{ und } \mathit{AgNO_3} = \mathit{KCN} + \mathit{AgCN} \text{ und } \mathit{KNO_3}$$

n) In der Alkalimetrie bedient man sich gern der Oxalsäure, um den Gehalt von Alkali (kohlensaurem und äzendem) zu finden; z. B. für Soda

$$H\,O,\ C_2O_3 + 2 \text{ aq und } Na\,O,\ C\,O_2 = Na\,O,\ C_2O_3 \text{ und } CO_2 \text{ und } 3 \text{ aq}$$

$$\mathit{C_2H_2O_4} + \mathit{2H_2O} \text{ und } \mathit{Na_2CO_3} = \mathit{C_2Na_2O_4} \text{ und } \mathit{CO_2} \text{ und } \mathit{3H_2O}$$

o) Eine alkalische Lösung von arseniger Säure wird durch Chlor (und durch Jod) bei Gegenwart von Wasser unter Bildung von Chlorwasserstoffsäure (Jodwasserstoffsäure) zu Arsensäure oxydirt:

$$As\,O_3 \text{ und } 2\,Cl \text{ und } 2 \text{ aq} = As\,O_5 \text{ und } 2\,H\,Cl$$

$$As\,O_3 \text{ und } 2\,J \text{ und } 2 \text{ aq} = As\,O_5 \text{ und } 2\,H\,J$$

$$\mathit{As_2O_3} \text{ und } \mathit{4\,Cl} \text{ und } \mathit{2\,H_2O} = \mathit{As_2O_5} \text{ und } \mathit{4\,HCl}$$

$$\mathit{As_2O_3} \text{ und } \mathit{4\,J} \text{ und } \mathit{2\,H_2O} = \mathit{As_2O_5} \text{ und } \mathit{4\,HJ}$$

p) Durch 1 Aequ. freies Chlor werden unter Zersetzung von 1 Aequ. Wasser und unter Bildung von 1 Aequ. Chlorwasserstoff 2 Aequ. Eisenvitriol in mit Schwefelsäure angesäuerter Lösung in 1 Aequ. schwefelsaures Eisenoxyd verwandelt:

$$Cl \text{ und } 2\ (Fe\,O,\ SO_3 + HO + 6 \text{ aq}) \text{ und } HO,\ SO_3 =$$
$$HCl \text{ und } Fe_2O_3,\ 3\,SO_3 \text{ und } 14\,HO$$

2 Atomgew. Ferrosulfat (Eisenvitriol) in mit Schwefelhydrosäure angesäuertem Wasser gelöst geben durch Einleiten von 2 Atomgew. Chlor 2 Atomgew. Chlorwasserstoff, 1 Atomgew. Ferridsulfat und 14 Atomgew. Wasser:

$$\mathit{2Cl} \text{ und } \mathit{2}\ (\mathit{FeSO_4} + \mathit{7H_2O}) \text{ und } \mathit{H_2SO_4} =$$
$$\mathit{2\,HCl} \text{ und } \mathit{Fe_2S_3O_{12}} \text{ und } \mathit{14\,H_2O}$$

Die Umwandlung des Eisenoxydulsalzes in Oxydsalz ist vollendet, wenn in der Flüssigkeit auf Zusatz von Kaliumeisencyanid kein Berlinerblau mehr entsteht.

q) 1 Aequ. saures chromsaures Kali und 6 Aequ. schwefelsaures Eisenoxydul bei Gegenwart von wenigstens 7 Aequ. Schwefelsäure zersetzen sich in 1 Aequ. schwefelsaures Chromoxyd, 1 Aequ. schwefelsaures Kali und 3 Aequ. schwefelsaures Eisenoxyd:

$$KO,\ 2\,CrO_3 \text{ und } 6\ (FeO,\ SO_3) \text{ und } 7\ (HO,\ SO_3) =$$
$$Cr_2O_3,\ 3\,SO_3 \text{ und } KO,\ SO_3 \text{ und } 3\ (Fe_2O_3,\ 3\,SO_3) \text{ und } 7 \text{ aq}$$

Typische Formel mit Atomgewichtswerth:

$$\left.\begin{matrix} K_2 \\ 2\ CrO_2 \end{matrix}\right\} O_3 \text{ und } 6 \left.\begin{matrix} Fe \\ SO_2 \end{matrix}\right\} O_2 \text{ und } 7 \left.\begin{matrix} H_2 \\ SO_2 \end{matrix}\right\} O_2 =$$
$$\left.\begin{matrix} Cr_2 \\ 3\ SO_2 \end{matrix}\right\} O_6 \text{ und } \left.\begin{matrix} K_2 \\ SO_2 \end{matrix}\right\} O_2 \text{ und } 3 \left.\begin{matrix} Fe_2 \\ 3\ SO_2 \end{matrix}\right\} O_6 \text{ und } 7 H_2O$$

Der Process ist vollendet, wenn ein Tröpfchen der sehr verdünnten Lösung mit einem Tropfen Kaliumeisencyanidlösung auf einem Porzellanteller zusammengebracht keine blaue Färbung mehr zeigt.

r) 1 Aequ. Bleizucker nimmt in Berührung mit einem grossen Ueberschusse von Bleioxyd 2 Aequ. desselben auf und verwandelt sich dadurch in 1/3 essigsaures Bleioxyd:

$$PbO,\ \overline{A} + 3 \text{ aq und } 2\,PbO = 3\,PbO,\ \overline{A} + \text{aq und } 2 \text{ aq}$$

$$\left.\begin{matrix} 2\,(C_2H_3) \\ Pb \end{matrix}\right\} O_2 + 3 \left.\begin{matrix} H \\ H \end{matrix}\right\} O \text{ und } 2PbO =$$
$$\left.\begin{matrix} 2\,(C_2H_3) \\ Pb \end{matrix}\right\} O_2 + \left.\begin{matrix} 2Pb \\ H \\ H \end{matrix}\right\} O_3 \text{ und } 2\,H_2O$$

s) 1 Aequ. schwefelsaures Eisenoxydul und 1 Aequ. kohlensaures Natron zersetzen sich in 1 Aequ. schwefelsaures Natron und 1 Aequ. kohlensaures Eisenoxydul:

$$FeO,\ SO_3 + HO + 6 \text{ aq und } NaO,\ CO_2 + 10 \text{ aq}$$
$$= NaO,\ SO_3 + 10 \text{ aq und } FeO,\ CO_2 + \text{aq und } 6 \text{ aq}$$

Man pflegt häufig die Aequivalente der Bestandtheile der die Zersetzung eingehenden, so wie die Aequivalente der Bestandtheile der aus der Zersetzung hervorgehenden Körper zu summiren, um aus der Uebereinstimmung beider Summen mit einem Blicke sich von der Richtigkeit der symbolischen Aetiologie zu überzeugen. Der Anfänger wird wohl thun, mehrere der aufgeführten Beispiele auf diese Art zu controlliren:

	Fe	S	O	Na	C	aq
Schwefelsaures Eisenoxydul .	1	1	4	—	—	7
Kohlensaures Natron	—	—	3	1	1	10
vor der Zersetzung . .	1	1	7	1	1	17
Schwefelsaures Natron	—	1	4	1	—	10
Kohlensaures Eisenoxydul .	1	—	3	—	1	1
Frei gewordenes Wasser . .	—	—	—	—	—	6
nach der Zersetzung . .	1	1	7	1	1	17

$FeSO_4 + 7H_2O$ und $Na_2CO_3 + 10H_2O =$
$Na_2SO_4 + 10H_2O$ und $FeCO_3 + H_2O$ und $6H_2O$

Controlle nach Atomgewichten:

	Fe	*S*	*O*	*Na*	*C*	H_2O
Ferrosulfat krystallisirt . .	*1*	*1*	*4*	—	—	*7*
Natroncarbonat	—	—	*3*	*2*	*1*	*10*
vor der Zersetzung . .	*1*	*1*	*7*	*2*	*1*	*17*
Natronsulfat	—	*1*	*4*	*2*	—	*10*
Ferrocarbonat	*1*	—	*3*	—	*1*	*1*
Frei gewordenes Wasser . .	—	—	—	—	—	*6*
nach der Zersetzung . .	*1*	*1*	*7*	*2*	*1*	*17*

4 Aequ. kohlensaures Eisenoxydul verwandeln sich in Berührung mit der Luft in 1 Aequ. Eisenoxydsesquihydrat, indem die 4 Aequ. Kohlensäure entweichen, 1 Aequ. Wasser austritt, 2 Aequ. Sauerstoff aus der Luft dagegen zutreten:

4 (Fe O, CO_2 + aq) und 2 O = 2 Fe_2O_3, 3 HO und 4 CO_2 und aq

Empirisch in Atomgewichtswerth:

$4\ (FeCO_3 + H_2O)$ u. $2O = Fe_4H_6O_9$ u. $4\ CO_2$ u. H_2O

t) 1 Aequ. Aezkalk zersetzt sich mit 1 Aequ. Salmiak in 1 Aequ. Chlorcalcium, 1 Aequ. Wasser u. 1 Aequ. freies Ammoniak:

Ca O und NH_3, HCl = Ca Cl und aq und NH_3

oder wenn man Salmiak als Chlorammonium, ferner Ammoniak + Wasser als Ammoniumoxyd betrachtet:

Ca O u. NH_4Cl = Ca Cl u. NH_4O = Ca Cl u. NH_3 u. aq

CaO und $2NH_4Cl = CaCl_2$ und $2NH_3$ und H_2O

u) 1 Aequ. Aezkalk entzieht der (mit nicht weniger als 10 Theilen Wasser) verdünnten Auflösung eines Aequivalents kohlensauren Kali's die Kohlensäure vollständig, wobei sich kohlensaurer Kalk und Kalihydrat bilden:

$$CaO \text{ und } KO,\ CO_2 \text{ und } x\ aq = CaO,\ CO_2 \text{ und } KO,\ HO \text{ und } x\ aq - 1$$

Empirisch:

$$CaO \text{ u. } K_2CO_3 \text{ u. } xH_2O = CaCO_3 \text{ u } 2HKO \text{ u. } xH_2O - 1$$

Typisch:

$$\left.\begin{matrix}H_2\\Ca\end{matrix}\right\}O_2 \text{ und } \left.\begin{matrix}K_2\\CO\end{matrix}\right\}O_2 = \left.\begin{matrix}Ca\\CO\end{matrix}\right\}O_2 \text{ und } 2\left.\begin{matrix}H\\K\end{matrix}\right\}O$$

v) 1 Aequ. Salpeter wird von 1 Aequ. Schwefelsäurehydrat blos bei Anwendung von grosser Hitze gänzlich zersetzt, wobei aber die Hälfte Salpetersäure in Untersalpetersäure und Sauerstoffgas zerfällt. Will man die ganze Menge der in 1 Aequ. Salpeter enthaltenen Salpetersäure unzersetzt erhalten, so muss man 2 Aequ. Schwefelsäurehydrat anwenden, wodurch bei mässigem Hitzegrad 1 Aequ. doppelt schwefelsaures Kali und 1 Aequ. Salpetersäurehydrat entsteht:

$$KO,\ NO_5 \text{ und } 2\ (HO,\ SO_3) = KO,\ SO_3 + HO,\ SO_3 \text{ und } HO,\ NO_5$$

Typische Atomgewichts-Formel:

$$\left.\begin{matrix}K\\NO_2\end{matrix}\right\}O \text{ und } \left.\begin{matrix}H_2\\SO_2\end{matrix}\right\}O_2 = \left.\begin{matrix}HK\\SO_2\end{matrix}\right\}O_2 \text{ und } \left.\begin{matrix}H\\NO_2\end{matrix}\right\}O$$

Empirische Atomgewichts-Formel:

$$KNO_3 \text{ und } H_2SO_4 = HKSO_4 \text{ und } HNO_3$$

w) 2 Aequ. Salzsäure und 1 Aequ. Mangansuperoxyd liefern 2 Aequ. Wasser und 1 Aequ. Mangansuperchlorür, welches letztere sogleich bei gewöhnlicher Temperatur, schneller noch beim Erwärmen, in 1 Aequ. Manganchlorür und 1 Aequ. freies Chlor zerfällt:

$$2HCl \text{ und } MnO_2 = 2\ aq \text{ und } MnCl_2 = 2\ aq \text{ und } MnCl \text{ und } Cl$$

$$4\left.\begin{matrix}H\\Cl\end{matrix}\right\} \text{ und } MnO_2 = 2\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O \text{ und } MnCl_2 \text{ und } 2Cl$$

oder:

$$4HCl \text{ und } MnO_2 = 2H_2O \text{ und } MnCl_2 \text{ und } 2Cl$$

x) Wenn zur Darstellung des Chlors — anstatt Salzsäure — Chlornatrium nebst Schwefelsäure angewandt wird, so wirkt zunächst die Schwefelsäure auf das Chlornatrium:

$$NaCl \text{ und } HO, SO_3 = NaO, SO_3 \text{ und } HCl$$

und dieses Aequivalent Salzsäure zersetzt sich nun mit dem Mangansuperoxyd nach der vorigen Formel, d. h. man erhält die halbe Menge des im Kochsalze enthaltenen Chlors als freies Chlor. Wendet man aber zur Darstellung des Chlors auf 1 Aequ. Mangansuperoxyd und 1 Aequ. Chlornatrium 2 Aequ. Schwefelsäure an, so entsteht — anstatt Manganchlorür — schwefelsaures Manganoxydul, und man erhält die ganze Menge des im Kochsalze enthaltenen Chlors als freies Chlor, indem das Endresultat des Processes in diesem Falle durch folgende Formel ausgedrückt wird:

$$NaCl \text{ und } MnO_2 \text{ und } 2\ (HO, SO_3)$$
$$= 2\ aq \text{ und } NaO, SO_3 \text{ und } MnO, SO_3 \text{ und } Cl$$

2 Atomgew. Chlornatrium zersetzt durch ein Atomgew. Schwefelhydrosäure:

$$2\left.\begin{matrix}Na\\Cl\end{matrix}\right\} \text{ und } \left.\begin{matrix}H_2\\SO_2\end{matrix}\right\}O_2 = \left.\begin{matrix}Na_2\\SO_2\end{matrix}\right\}O_2 \text{ und } 2\left.\begin{matrix}H\\Cl\end{matrix}\right\}$$

oder:

$$2NaCl \text{ und } H_2SO_4 = Na_2SO_4 \text{ und } 2HCl$$

2 Atomgew. Chlornatrium im Beisein von 1 Atomgew. Mangansuperoxyd zerlegt durch 2 Atomgew. Schwefelhydrosäure:

$$2\left.\begin{matrix}Na\\Cl\end{matrix}\right\} \text{ und } Mn\left\{O_2 \text{ und } 2\left.\begin{matrix}H_2\\SO_2\end{matrix}\right\}O_2 =\right.$$
$$2\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O \text{ und } \left.\begin{matrix}Na_2\\SO_2\end{matrix}\right\}O_2 \text{ und } \left.\begin{matrix}Mn\\SO_2\end{matrix}\right\}SO_2 \text{ und } \left.\begin{matrix}Cl\\Cl\end{matrix}\right\}$$

oder:

$$2NaCl \text{ und } MnO_2 \text{ und } 2H_2SO_4 = 2H_2O \text{ und } Na_2SO_4 \text{ und } MnSO_4 \text{ und } 2Cl$$

y) Aus 1 Aequ. Fünffach-Schwefelkalium und 1 Aequ. Salzsäure entstehen 1 Aequ. Chlorkalium, 1 Aequ. Schwefelwasserstoff und 4 Aequ. Schwefelmilch:

$$KS_5 \text{ und } HCl = KCl \text{ und } HS \text{ und } 4S$$

Atomgewichts-Formel:

$$K_2S_5 \text{ und } 2HCl = 2KCl \text{ und } H_2S \text{ und } 4S$$

Die auf nassem Wege und unter der Rothglühhitze mit überflüssigem Schwefel dargestellten Schwefellebern enthalten neben dem Schwefelmetalle unterschwefligsaures Salz, welches auf Zusatz einer Säure zunächst zerfällt in 1 Aequ. Schwefelmilch und 1 Aequ. schwefligsaures Salz. Dieses schwefligsaure Salz wird durch die zugesetzte Säure gleichfalls zerlegt, und 1 Aequ. dadurch frei gewordener schwefliger Säure setzt sich nun seinerseits mit 2 Aequ. Schwefelwasserstoffgas in 2 Aequ. Wasser und 3 Aequ. Schwefelmilch um: denn

$$SO_2 \text{ und } 2HS = 2 \text{ aq und } 3S$$

$$SO_2 \text{ und } 2H_2S = 2H_2O \text{ und } 3S$$

Nehmen wir an, eine Kalischwefelleber werde durch Salzsäure zerlegt, so ist der Process, welcher zugleich neben der Zersetzung des Schwefelkaliums (und zwar zweier Aequ. KS_5) Statt findet, und durch welchen sich jener den Praktikern wohl bekannte schwieriger sich senkende Niederschlag beimengt, nach der Theorie am Ende folgender:

$$HCl \text{ und } KO, S_2O_2 \text{ und } 2HS = KCl \text{ und } 3 \text{ aq und } 4S$$

$$2HCl \text{ und } K_2S_2O_3 \text{ und } 2H_2S = 2KCl \text{ und } 3H_2O \text{ und } 4S$$

findet aber in der Praxis niemals so rein Statt, indem jedesmal Schwefelwasserstoffgas entweicht.

z) Beim Zusammenschmelzen von 3 Aequ. kohlensauren Kali's und 12 Aequ. Schwefels weit unter der Rothglühhitze entstehen 2 Aequ. Fünffach-Schwefelkalium (KS_5) und 1 Aequ. unterschwefligsaures Kali unter Entweichen dreier Aequivalente Kohlensäure:

$$3\ (KO, CO_2) \text{ und } 12S = 2KS_5 \text{ und } KO, S_2O_2 \text{ und } 3CO_2$$

$$3K_2CO_3 \text{ und } 12S = 2K_2S_5 \text{ und } K_2S_2O_3 \text{ und } 3CO_2$$

α) Durch Zusammenkochen und gelindes Zusammenschmelzen von 3 Aequ. kohlensauren Kali's und 8 Aequ. Schwefels entstehen unter Entweichen der 3 Aequ. Kohlensäure 2 Aequ. Dreifach-Schwefelkalium und 1 Aequ. unterschwefligsaures Kali:

$$3\ (KO, CO_2) \text{ und } 8S = 2KS_3 \text{ und } KO, S_2O_2 \text{ und } 3CO_2$$

$$3K_2CO_3 \text{ und } 8S = 2K_2S_3 \text{ und } K_2S_2O_3 \text{ und } 3CO_2$$

β) Durch Zusammenschmelzen von 4 Aequ. kohlensauren Kali's und 10 Aequ. Schwefels bei der Rothglühhitze entstehen 3 Aequ.

Dreifach-Schwefelkalium, 1 Aequ. schwefelsaures Kali, und es entweichen 4 Aequ. Kohlensäure:

$$4\ (KO,\ CO_2)\ \text{und}\ 10\,S = 3\,KS_3\ \text{und}\ KO,\ SO_3\ \text{und}\ 4\,CO_2$$

$$4K_2CO_3\ \text{und}\ 10S = 3K_2S_3\ \text{und}\ K_2SO_4\ \text{und}\ 4CO_2$$

γ) Beim Auflösen von Jod in Aezkalilauge entstehen aus 6 Aequ. Kali und 6 Aequ. Jod 5 Aequ. Jodkalium und 1 Aequ. jodsaures Kali:

$$6\ (KO,\ HO)\ \text{und}\ 6\,J = 5\,KJ\ \text{und}\ KO,\ JO_5\ \text{und}\ 6\ aq$$

$$6KHO\ \text{und}\ 6J = 5KJ\ \text{und}\ KJO_3\ \text{und}\ 3H_2O$$

δ) Beim Erhitzen eines Aequivalents jodsauren Kali's geht der ganze Gehalt an Sauerstoff (6 Aequ.) weg, und es bleibt 1 Aequ. Jodkalium: $KO,\ JO_5 = KJ\ \text{und}\ 6\,O$

$$KJO_3 = KJ\ \text{und}\ 3O$$

ε) Das Endresultat der Darstellung des Jodkaliums mittelst Aezkali's ist daher, dass man aus 1 Aequ. Jod 1 Aequ. Jodkalium erhält.

ζ) Beim Behandeln von Quecksilber mit Salpetersäure werden 6 Aequ. Quecksilber durch 1 Aequ. Salpetersäure unter Entweichen eines Aequivalents Stickoxyd in 6 Aequ. Oxydul verwandelt, welche bei hinreichender Salpetersäure namentlich in der Hitze durch Zersetzung eines 2ten Aequivalents Salpetersäure schnell in Oxyd übergeführt werden, mit 6 Aequ. Salpetersäure 6 Aequ. neutrales salpetersaures Quecksilberoxyd bildend. Dieses lässt beim Abdampfen zur Trockne die Hälfte der Säure fahren und stellt dann 3 Aequ. zweifach basisch salpetersaures Quecksilberoxyd vor, welches bei anhaltendem Erhitzen zerfällt in 6 Aequ. zurückbleibendes Quecksilberoxyd und entweichende 3 Aequ. Untersalpetersäure, 3 Aequ. Sauerstoff, 6 Aequ. Wasser.

Das stufenweise Aufeinanderfolgen der Processe ist:

$$6\,Hg\ \text{und}\ 8\ (HO,\ NO_5)\ \text{und}\ 4\ aq$$

$$= 3\ (Hg_2O,\ NO_5 + 2\ aq)\ \text{und}\ NO_2\ \text{und}\ 4\ (HO,\ NO_5)\ \text{und}\ 2\ aq$$

$$= 6\ (HgO,\ NO_5 + 2\ aq)\ \text{und}\ 2\,NO_2$$

$$6\ (HgO,\ NO_5 + 2\ aq) = 3\ (2\,HgO,\ NO_5 + 2\ aq)\ \text{u.}\ 3NO_5\ \text{u.}\ 6\ aq$$

$$3\ (2\,HgO,\ NO_5 + 2\ aq) = 6\,HgO\ \text{und}\ 3\,NO_4\ \text{und}\ 3\,O\ \text{und}\ 6\ aq$$

Typische Formeln nach den Atomgewichtswerthen:

$$6Hg \text{ und } 16HNO_3 \text{ und } 4H_2O$$

$$= 3\left(Hg_2\begin{cases}NO_3\\NO_3\end{cases} + 2H_2O\right) \text{ und } 2NO \text{ und } 8HNO_3 \text{ und } 2H_2O$$

$$= 6\left(Hg\begin{cases}NO_3\\NO_3\end{cases} + 2H_2O\right) \text{ und } 4NO$$

$$6\left(Hg\begin{cases}NO_3\\NO_3\end{cases} + 2H_2O\right) = 3\left(Hg\begin{cases}NO_3\\NO_3\end{cases} + HgO + 2H_2O\right)$$

$$\text{und } 6NO_2 \text{ und } 3O \text{ und } 6H_2O$$

$$3\left(Hg\begin{cases}NO_3\\NO_3\end{cases} + HgO + 2H_2O\right)$$

$$= 6HgO \text{ und } 6NO_2 \text{ und } 3O \text{ und } 6H_2O$$

An Salpetersäure sparend und daher vortheilhafter ist die Darstellung des Quecksilberoxyds aus salpetersaurem Quecksilber**oxydul**. Um diese auszuführen, wird dem trockenen basischen Salze noch so viel Quecksilber vor dem Erhitzen zugemischt, als es davon bereits enthält. Beim sehr vorsichtigen Erhitzen zum Schwachrothglühen bleiben in diesem Falle 12 Aequ. Quecksilberoxyd, und gehen weg 2 Aequ. Stickoxyd, 1 Aequ. Untersalpetersäure, 1 Aequ. Sauerstoff und 6 Aequ. Wasser:

$$3\ (2\,HgO,\ NO_5 + 2\ aq) \text{ und } 6\,Hg$$

$$= 12\,HgO \text{ und } 2\,NO_2 \text{ und } NO_4 \text{ und } O \text{ und } 6\ aq$$

$$3\left(Hg\begin{cases}NO_3\\NO_3\end{cases} + HgO + 2H_2O\right) \text{ und } 6Hg$$

$$= 12HgO \text{ und } 4NO \text{ und } 2NO_2 \text{ und } O \text{ und } 6H_2O$$

Die Umwandlung des farblosen Stickoxyds in das rothe Untersalpetersäuregas an der Luft geschieht dadurch, dass 1 Aequ. Stickoxyd 2 Aequ. Sauerstoff aus der Atmosphäre an sich zieht, oder wenn wir, um die Untersalpetersäure als salpetersaure Salpetrigsäure bezeichnen zu können, das Doppelte nehmen, indem 2 Aequ. Stickoxyd 4 Aequ. Sauerstoff anziehen:

$$2\,NO_2 \text{ und } 4\,O = 2\,NO_4 = NO_3,\ NO_5$$

Atomgewichts-Formeln:

$$2NO \text{ und } 2O = 2NO_2 = N_2O_4$$

η) Aus dem gelben Blutlaugensalze (Kaliumeisencyanür, Liebig's Ferrocyankalium), welches ein genaues Reagens auf Eisenoxyd-, nicht aber auf reine Eisenoxydulsalze ist, erhält man durch Einleiten von Chlor Gmelin's rothes Blutlaugensalz (Kaliumeisencyanid, Liebig's Ferridcyankalium), welches umgekehrt ein genaues Reagens auf Eisenoxydul-, nicht aber auf Eisenoxydsalze ist.

2 Aequ. Kaliumeisencyanür bilden mit 1 Aequ. Chlor 1 Aequ. Chlorkalium und 1 Aequ. Kaliumeisencyanid:

$$2\,(2KCy + FeCy + 3\,aq) \text{ u. } Cl = KCl \text{ u. } 3KCy + Fe_2Cy_3 \text{ u. } 6\,aq$$

Nach Liebig's Ansicht ist der Hergang einfacher:

2 Aequ. Ferrocyankalium bilden mit 1 Aequ. Chlor 1 Aequ. Chlorkalium und 1 Aequ. Ferridcyankalium:

$$2\,(2K, Cfy + 3\,aq) \text{ und } Cl = KCl \text{ und } 3K, 2Cfy \text{ und } 6\,aq$$

$$\left.\begin{matrix} C_6\overset{''}{N}_6Fe \\ K_4 \end{matrix}\right\} + 3H_2O \text{ und } Cl = KCl \text{ und } \left.\begin{matrix} C_6\overset{'''}{N}_6Fe \\ K_3 \end{matrix}\right\} \text{ und } 3H_2O$$

oder empirisch:

$$K_4FeCy_6 + 3H_2O \text{ und } Cl = KCl \text{ und } K_3FeCy_6 \text{ und } 3H_2O$$

ϑ) 1 Aequ. Traubenzucker ($C_{12}H_{12}O_{12}$) zerfällt bei der weinigen Gährung in 4 Aequ. Kohlensäure und 2 Aequ. Alkohol:

$$C_{12}H_{12}O_{12} = 4\,CO_2 \text{ und } 2C_4H_6O_2$$

	C	H	O
1 Aequ. Traubenzucker vor der Zersetzung	12	12	12
4 Aequ. Kohlensäure	4	—	8
2 Aequ. Alkohol	8	12	4
nach der Zersetzung	12	12	12

$$C_6\,H_{12}\,O_6 = 2\,CO_2 \text{ und } 2\left(\left.\begin{matrix} C_2\,H_5 \\ H \end{matrix}\right\}O\right)$$

	C	*H*	*O*
1 Atomgew. Traubenzucker vor der Zersetzung	*6*	*12*	*6*
Nach der Gährung 2 Atomgew. Kohlensäure .	*2*	—	*4*
2 Atomgew. Alkohol . .	*4*	*12*	*2*
	6	*12*	*6*

ι) 1 Aequ. Alkohol nimmt bei der Essiggährung 4 Aequ. Sauerstoff aus der Luft auf und bildet dabei 1 Aequ. Essigsäure

und 3 Aequ. Wasser oder 1 Aequ. Essigsäurehydrat und 2 Aequ. Wasser:

$C_4H_6O_2$ und $4O = C_4H_3O_3 + HO$ und 2 aq $= HO, \overline{A}$ und 2 aq

$$\left.\begin{matrix} C_2H_5 \\ H \end{matrix}\right\} O \text{ und } 2O = \left.\begin{matrix} C_2H_3O \\ H \end{matrix}\right\} O \text{ und } H_2O$$

Bei genauerem Studium des Essigbildungsprocesses erhellt, dass 2 Aequ. Sauerstoff aus der Atmosphäre einem Aequivalente Alkohol 2 Aequ. Wasserstoff entziehen, wodurch Aldehyd ($C_4H_4O_2$) entsteht:

$$C_4H_6O_2 \text{ und } 2\,O = C_4H_4O_2 \text{ und } 2 \text{ aq}$$

$$\left.\begin{matrix} C_2H_5 \\ H \end{matrix}\right\} O \text{ und } O = \left.\begin{matrix} C_2H_3O \\ H \end{matrix}\right\} \text{ und } H_2O$$

Dieser Aldehyd nimmt noch 2 Aequ. Sauerstoff aus der Luft auf, und wird dadurch zu Essigsäurehydrat:

$$C_4H_4O_2 \text{ und } 2\,O = HO + C_4H_3O_3 = HO, \overline{A}$$

$$\left.\begin{matrix} C_2H_3O \\ H \end{matrix}\right\} \text{ und } O = \left.\begin{matrix} C_2H_3O \\ H \end{matrix}\right\} O$$

$\varkappa$) 1 Aequ. wasserfreier Bleizucker und 1 Aequ. Schwefelsäurehydrat zersetzen sich in 1 Aequ. schwefelsaures Bleioxyd und 1 Aequ. Essigsäurehydrat:

$$Pb\,O, \overline{A} \text{ und } HO, SO_3 = Pb\,O, SO_3 \text{ und } HO, \overline{A}$$

$$\left.\begin{matrix} 2(C_2H_3O) \\ Pb \end{matrix}\right\} O_2 \text{ und } \left.\begin{matrix} H_2 \\ SO_2 \end{matrix}\right\} O_2 = \left.\begin{matrix} Pb \\ SO_2 \end{matrix}\right\} O_2 \text{ und } 2\left(\left.\begin{matrix} C_2H_3O \\ H \end{matrix}\right\} O\right)$$

Wendet man krystallisirten Bleizucker an, so entsteht:

$PbO, \overline{A} + 3$ aq und $HO, SO_3 = PbO, SO_3$ und $HO, \overline{A}$ und 3 aq

Zur Abwechslung empirisch:

$$PbC_4H_3O_4 + 3H_2O \text{ u. } H_2SO_4 = PbSO_4 \text{ u. } 2C_2H_4O_2 \text{ u. } 3H_2O$$

λ) 1 Aequ. Bittersalz und 1 Aequ. Aezkali geben 1 Aequ. schwefelsaures Kali, 1 Aequ. Magnesiahydrat und 7 Aequ. Wasser:

$$MgO, SO_3 + HO + 6 \text{ aq und } KO, HO$$
$$= KO, SO_3 \text{ und } MgO, HO \text{ und } 7 \text{ aq}$$

$$\left.\begin{matrix} Mg \\ SO_2 \end{matrix}\right\} O_2 + 7H_2O \text{ und } 2\left(\left.\begin{matrix} H \\ K \end{matrix}\right\} O\right) = \left.\begin{matrix} K_2 \\ SO_2 \end{matrix}\right\} O_2 \text{ u. } \left.\begin{matrix} H_2 \\ Mg \end{matrix}\right\} O_2 \text{ u. } 7H_2O$$

μ) Aus 6 Aequ. Eisenvitriol, 3 Aequ. Schwefelsäurehydrat und 1 Aequ. Salpetersäurehydrat gehen hervor 3 Aequ. schwefelsaures Eisenoxyd, 1 Aequ. Stickoxyd und 19 Aequ. Wasser:

$$6\ (FeO,\ SO_3 + HO + 6\ aq)\ \text{und}\ 3\ (HO,\ SO_3)\ \text{und}\ HO,\ NO_5$$
$$= 3\ (Fe_2O_3,\ 3\,SO_3 + 9\ aq)\ \text{und}\ NO_2\ \text{und}\ 19\ aq$$

$$6\left(\begin{matrix}Fe\\SO_2\end{matrix}\Big\}O_2 + 7H_2O\right)\ \text{und}\ 3\left(\begin{matrix}H_2\\SO_2\end{matrix}\Big\}O_2\right)\ \text{und}\ 2\left(\begin{matrix}H\\NO_2\end{matrix}\Big\}O\right) =$$
$$3\left(\begin{matrix}Fe_2\\3\,(SO_2)\end{matrix}\Big\}O_6 + 9\,H_2O\right)\ \text{und}\ 2NO\ \text{und}\ 19\,H_2O$$

3 Aequ. schwefelsaures Eisenoxyd zersetzen sich mit 9 Aequ. Aezammoniak in 9 Aequ. schwefelsaures Ammoniumoxyd, 3 Aequ. Dreifach-Eisenoxydhydrat und 18 Aequ. Wasser:

$$3\ (Fe_2O_3,\ 3\,SO_3 + 9\ aq)\ \text{und}\ 9\ (NH_4O)$$
$$= 9\ (NH_4O,\ SO_3)\ \text{und}\ 3\ (Fe_2O_3,\ 3\,HO)\ \text{und}\ 18\ aq$$

3 Atomg. Ferridsulfat zersetzen sich mit 18 Atomg. Ammonium**hydroxyd** in 9 Atomg. Ammoniumsulfat und 3 Atomg. Ferridhydroxyd und 27 (weil 9 aus dem hypothetischen Ammoniumhydroxyd hinzukommen) Atomg. Wasser:

$$3\left(\begin{matrix}Fe_2\\3\,\ddot{S}O_2\end{matrix}\Big\}O_6 + 9H_2O\right)\ \text{und}\ 18\left(\begin{matrix}NH_4\\H\end{matrix}\Big\}O\right) =$$
$$9\left(\begin{matrix}2NH_4\\\ddot{S}O_2\end{matrix}\Big\}O_2\right)\ \text{und}\ 3\left(\begin{matrix}Fe_2\\H_6\end{matrix}\Big\}O_6\right)\ \text{und}\ 27\,H_2O$$

Die Formeln des letzten Processes hätten durchweg durch die Zahl 3 dividirt und dadurch einfacher gemacht werden können; allein da diese Mengen zum ersten Process gewählt werden mussten, um die Wirkung eines Aequivalents Salpetersäurehydrats (zweier Atomgewichte Salpeterhydrosäure) zu zeigen, wurde vorgezogen, auch den zweiten Process in diesem Maass zu Ende zu führen.

ν) 1 Aequ. Gold, 3 Aequ. Salzsäure und 1 Aequ. Salpetersäurehydrat (das Gemisch beider Säuren führt deswegen den Namen Königswasser) liefern 1 Aequ. Goldchlorid, 1 Aequ. Stickoxyd und 4 Aequ. Wasser:

$$Au\ \text{und}\ 3\,HCl\ \text{und}\ HO,\ NO_5 = Au\,Cl_3\ \text{und}\ NO_2\ \text{und}\ 4\ aq$$

$$Au\ \text{und}\ 3HCl\ \text{und}\ \begin{matrix}NO_2\\H\end{matrix}\Big\}O = Au\,Cl_3\ \text{und}\ NO\ \text{und}\ 2H_2O$$

Bei der dreiwerthigen Eigenschaft des Goldes wäre eine typische Formel etwa folgende:

$$\left.\begin{matrix}\overset{'''}{Au}\\ \overset{'''}{Au}\end{matrix}\right\} \text{ und } 3\left\{\begin{matrix}HCl\\ HCl\end{matrix}\right. \text{ und } 2\left(\left.\begin{matrix}NO_2\\ H\end{matrix}\right\}O\right) = 2\left(\overset{'''}{Au}\left\{\begin{matrix}Cl\\ Cl\\ Cl\end{matrix}\right.\right) \text{ und } 2NO$$

$$\text{und } 4H_2O$$

Aus 1 Aequ. Goldchlorid und 6 Aequ. Eisenvitriol gehen hervor 2 Aequ. schwefelsaures Eisenoxyd, 1 Aequ. Eisenchlorid, 1 Aequ. Gold und 24 Aequ. Wasser:

$$AuCl_3 \text{ und } 6\ (FeO,\ SO_3 + HO + 6\ aq)$$

$$= 2\ (Fe_2O_3,\ 3\ SO_3 + 9\ aq) \text{ und } Fe_2Cl_3 \text{ und } Au \text{ und } 24\ aq$$

$$2\left(\overset{'''}{Au}\left\{\begin{matrix}Cl\\ Cl\\ Cl\end{matrix}\right.\right) \text{ und } 6\left(\left.\begin{matrix}Fe\\ SO_2\end{matrix}\right\}O_2 + 7H_2O\right) =$$

$$2\left(\left.\begin{matrix}Fe_2\\ 3SO_2\end{matrix}\right\}O_6 + 9H_2O\right) \text{ und } Fe_2Cl_6 \text{ und } 2Au \text{ und } 24H_2O$$

ξ) Das Amygdalin ist ein Pflanzenstoff, der zu den Glykosiden zählt, d. h. bei der Zersetzung durch Fermente, Säuren, Alkalien unter Aufnahme von Wasser in Zucker und andere organische Stoffe zerfällt. 1 Aequ. Amygdalin spaltet sich in Berührung mit Emulsin (einem in den süssen und bitteren Mandeln vorkommenden, hier gleich Ferment wirkenden eiweisshaltigen Körper) unter Aufnahme von 4 Aequ. seines Krystallwassers in 2 Aequ. Traubenzucker, 1 Aequ. Benzoylwasserstoff (Benzoylaldehyd, Bittermandelöl) und 1 Aequ. Blausäure:

$$C_{40}H_{27}N\ O_{22} + 4\ aq$$

$$= 2\ C_{12}H_{12}O_{12} \text{ und } C_{14}H_5O_2,\ H \text{ und } HCy$$

	C	H	N	O
1 Aequ. Amygdalin	40	27	1	22
4 Aequ. Wasser	—	4	—	4
vor der Zersetzung	40	31	1	26
2 Aequ. Traubenzucker	24	24	—	24
1 Aequ. Benzoylwasserstoff . . .	14	6	—	2
1 Aequ. Cyanwasserstoff	2	1	1	—
nach der Zersetzung	40	31	1	26

1 Atomg. Amygdalin gibt unter Zuhilfenahme von 2 Atomg. seines Krystallwassers 2 Atomg. Traubenzucker, 1 Atomg. Benzoylaldehyd und 1 Atomg. Blausäure:

$C_{20}H_{27}NO_{11}$ und $2H_2O = 2C_6H_{12}O_6$ und C_7H_6O und CNH

	C	*H*	*N*	*O*
1 Atomg. Amygdalin	*20*	*27*	*1*	*11*
2 Atomg. Wasser	—	*4*	—	*2*
vor der Spaltung	*20*	*31*	*1*	*13*
2 Atomg. Traubenzucker . . .	*12*	*24*	—	*12*
1 Atomg. Benzoylaldehyd . . .	*7*	*6*	—	*1*
1 Atomg. Cyanwasserstoff . . .	*1*	*1*	*1*	—
nach der Spaltung	*20*	*31*	*1*	*13*

40. Wie wendet man die Aequivalentenlehre in der praktischen Chemie an?

Wenn man einen chemischen Process in eine auf die Erfahrung gestützte Formel gefasst hat und nun anstatt der Symbole die Aequivalentzahlen setzt, so kann man sich Rechenschaft geben theils über die Menge, in welcher die den Process eingehenden Körper verwendet werden müssen, theils über die Menge der zu erhaltenden Produkte. Die genaueste Kenntniss des vorsichgehenden Processes ist indessen unerlässlich: um nur ein Beispiel anzuführen, wird man sich ohne die Kenntniss der Halhydrate in vielen Fällen bei den Salzen täuschen. Vor allem aber ist die genaueste Beachtung und Würdigung der **Anzahl** der Aequivalente in den zusammengesetzten Formeln nothwendig, wenn man ein richtiges Resultat erreichen will.

Die folgenden Beispiele entsprechen in der Reihenfolge der Buchstaben des lateinischen und griechischen Alphabets den Beispielen der vorigen Frage. — Die Ausrechnung ist stets nur nach den Aequivalentzahlen geschehen. Wer Neigung hat, möge sich den Werth der in der vorigen [illegible]rage mit schiefstehender Schrift gesetzten Formeln mit Zugrundelegung [illegible] Atomgewichtswerthe in der 2ten Colonne auf S. 21 und 22 suchen und [illegible] Berechnungen alsdann genau auf Grund der schief gesetzten Formeln [illegible]chführen. Das Resultat muss stets dasselbe sein, wie das hier aus den [illegible]uivalentformeln berechnete. Findet der Anfänger eine Differenz, so möge [illegible]iederholt recherchiren, und er wird finden, dass er von der Schnur der [illegible] irgendwo abgewichen ist und einen Fehler gemacht hat. Ohne strenge [illegible]quenz wird nichts Richtiges erreicht.

a) Zur Umwandlung des Sublimats in Kalomel ist auf 1 Aequ. Sublimat 1 Aequ. Quecksilber nöthig; man schlägt auf S. 62 die Aequivalentzahl des Quecksilberchlorids (135,5) und auf S. 22 die des Quecksilbers (100,0) nach, **welche Zahlen das anzuwendende Verhältniss der Körper angeben,** mit welchen also gesagt ist, dass, um 135,5 Gramm Sublimat in Kalomel zu verwandeln, ein Zusatz von 100 Gramm Quecksilber nothwendig ist, dass behufs der Verwandlung von 135 1/2 ℔, von 135 1/2 Kilogr. Sublimat in Kalomel der Zusatz von 100 ℔, 100 Kilogr. Quecksilber nothwendig ist. Als Summe des verwendeten Sublimats und Quecksilbers erhält man die schon auf S. 62 dem Kalomel beigesetzte Aequivalentenzahl 235,5, mit welcher in der betreffenden Gewichtseinheit von Grammen, Pfunden, Kilogrammen die Gewichtsmenge des zu erhaltenden Kalomel ausgedrückt ist.

Wenn man aber nun nicht gerade 135,5 Gr. Quecksilberchlorid in Chlorür verwandeln will, *sondern etwa 100 Gramm*, so findet man durch eine einfache Proportion (S. 8 und 9), wie viel Quecksilber man hiezu nöthig habe: *denn 1 Aequ. Quecksilberchlorid verhält sich zu 1 Aequ. Quecksilber, wie sich verhalten 100 Gramm Quecksilberchlorid zu der zu suchenden, vorläufig mit x zu bezeichnenden Menge Quecksilbers:*

Proportion mit Zugrundelegung der Aequivalentzahlen H = 1 und HO = 9:

Hg Cl Hg
135,5 : 100,0 = 100 Gramm : x
100

135,5 | 10000,0 | 73,800 Gramm
9485

-5150
4065

10850
10840

1000

Proportion mit Zugrundelegung der Aequivalentzahlen O = 100.

1693,75 : 1250,0 = 100 Gramm : x

x = 73,800 Gramm.

Durch Aufsuchung des Werthes des unbekannten vierten Gliedes dieser Proportion wurde mithin x = 73,8 Gramm gefunden, wodurch die Menge des Quecksilbers ausgedrückt ist, welche man nöthig hat, um 100 Gramm Sublimat in Kalomel zu verwandeln, und man müsste, wenn jeder Verlust vermeidlich wäre, 173,8 Gr. Kalomel erhalten.

b) Wie viel Kochsalz ist zur Zersetzung von 200 Gramm krystallisirten neutralen salpetersauren Quecksilberoxyduls nöthig?

$Hg_2O, NO_5 + 2\,aq$ $\quad$ $NaCl$

280,0 : 58,5 = 200 Gramm : x

200 $\qquad$ x = 41,785 Gramm.

280,0 | 11700,0 | 41,785
1120
--500
280
2200
1960
-2400
2240
-1600
1400
-200

Um zu erfahren, wie viel Kalomel man erhalte, setzt man, da 1 Aequ. salpetersaures Quecksilberoxydul 1 Aequ. Kalomel liefert, in den vorigen Ansatz als zweites Glied die Aequivalentzahl s Kalomels:

$Hg_2O, NO_5 + 2\,aq \quad Hg_2Cl$

280,0 : 235,5 = 200 Gramm : x

```
              235,5
              200
        ┌──────────┐
  280,0 │ 47100,0  │ 168,124
        │ 280      │
         ─────
          1910
          1680
         ─────
          -2300
           2240
          ─────
          --600
             560
          ─────
            -400
             280
           ─────
            1200
            1120
           ─────
            --80
```

x = 168,124 Gramm zu erhaltenden Kalomels.

c) Wie viel Schwefel ist nöthig, um 50 Gramm Eisenfeile in einfach Schwefeleisen zu verwandeln?

Fe S

28,0 : 16,0 = 50 Gramm : x

x = 28,571 Gramm Schwefel.

Da aber leicht etwas Schwefel beim Erhitzen verloren geht, so nimmt man etwas mehr, d. h. auf 3 Thl. Eisen 2 Thl. Schwefel.

d) Wie viel Schwefelsäurehydrat ist nöthig, um 20 Gramm Schwefeleisen zu zerlegen?

$FeS \quad HO, SO_3$

44,0 : 49,0 = 20 Gramm : x

x = 22,272 Gr. Schwefels.-Hydr.

e) Wie viel Schwefelsäurehydrat (Vitriolöl v. 1,85 sp. Gew.) erhält man nach der Theorie durch Verbrennen von 25 Kilo Schwefel?

$S \quad HO, SO_3$

16,0 : 49,0 = 25 Kilo : x

x = 76,562 Kilo = 76 K. 562 Gr. Schwefelsäurehydrat (in der Praxis aber stets bis 5 % weniger).

f) Wie viel Magnesia usta erhält man durch Glühen von 200 Gramm Magnesia alba?

$3\,(MgO, CO_2) + MgO, HO + 3\,aq \quad 4\,MgO$

$182{,}0 \quad : \quad 80{,}0 = 200 \text{ Gramm} : x$

$x = 87{,}912$ Gramm Magnesia usta.

g) Wie viel krystallisirtes kohlensaures Natron ist nöthig, um 1 Kilo Weinstein in Seignettesalz zu verwandeln?

$\left.\begin{matrix} KO \\ HO \end{matrix}\right\} \overline{T} \quad NaO, CO_2 + 10\,aq$

$188{,}0 \quad : \quad 143{,}0 = 1 \text{ Kilo} : x$

$x = 0{,}760606$ Kilogr. $= 760{,}606$ Gr. kryst. kohlensaures Natron.

Wie viel Seignettesalz wird dabei erhalten?

$\left.\begin{matrix} KO \\ HO \end{matrix}\right\} \overline{T} \quad \left.\begin{matrix} KO \\ NaO \end{matrix}\right\} \overline{T}, 2HO + 6\,aq$

$188{,}0 \quad : \quad 282{,}0 = 1 \text{ Kilo} : s$

$s = 1{,}5000$ Kilo $= 1$ Kilo $500{,}0$ Gramm.

h) Auf wie viel Kochsalz kann man schliessen, wenn durch Fällung desselben mittelst salpetersauren Silberoxyds 0,491 Gramm = 491 Milligramm Chlorsilber erhalten worden sind?

$Ag\,Cl \quad Na\,Cl$

$143{,}5 : 58{,}5 = 0{,}491 \text{ Gramm} : x$

$x = 0{,}200$ Gramm, eigentlich $0{,}2001$ Gramm Kochsalz.

Umgekehrt, um den Silbergehalt einer Münze, eines Schmuckes zu erfahren, wird die Legirung in Salpetersäure gelöst und das unter Anwendung der Spritzflasche gesammelte saure Filtrat mit Chlornatrium gefällt. **Man habe auf diesem Wege aus einem Geldstück 4,728 Gramm Chlorsilber erhalten. Wie viel reines Silber enthielt jenes Geldstück?**

$Ag\,Cl \quad Ag$

$143{,}5 : 108{,}0 = 4{,}728 \text{ Gramm} : x$

$x = 3{,}558$ Gramm reines Silber.

i) Man habe bei einer Analyse 0,614 Gramm pyrophosphors. Silberoxyd durch Fällen von pyrophosphors. Natron mittelst salpeter-

sauren Silberoxyds erhalten. **Welcher Menge wasserfreier Phosphorsäure entsprechen diese 614 Milligr. pyrophosphors. Silberoxyds?**

$2AgO, PO_5$ PO_5

303,0 : 71,0 = 0,614 Gramm : x

x = 0,143 Gramm.

k) Man habe dagegen 614 Milligramm des ei-gelben sogen. basischen phosphorsauren Silberoxyds durch Fällen z. B. des gewöhnlichen officinellen phosphorsauren Natrons mittelst eines löslichen Silbersalzes erhalten. **Auf wie viel wasserfreie Phosphorsäure lassen die 614 Milligramm des gelben phosphorsauren Silberoxyds schliessen?**

$3AgO, PO_5$ PO_5

419,0 : 71,0 = 0,614 Gramm : x

x = 0,104 Gramm.

l) Behufs der Prüfung der Stärke einer verdünnten Blausäure wurden beim Bel andeln von 10 Gramm derselben mit salpetersaurem Silberoxyd, Amm niak und Salpetersäure 1,5 Gramm Cyansilber erhalten. **Wie vie wasserfreie Blausäure enthalten jene 10 Gramm Cyansilber?**

Ag Cy H Cy

134,0 : 27,0 = 1,5 Gramm : x

x = 0,3022 Gramm wasserfreie Blausäure (oder 3 %).

1,5 Gramm Cyansilber entsprechen mithin 0,3 Grammen wasserfreier Blausäure, woraus ersichtlich ist, dass der Gehalt an Blausäure immer $^1/_5$ des gefundenen Cyansilbers beträgt.

m) Mit Hilfe der Maasanalyse (Titrirmethode): **Wie viel wasserfreie Blausäure ist in 100 Theilen verdünnter Blausäure enthalten, wenn 4 Gramm dieser 15 C.-C. (Cubik-Centimeter) einer titrirten Zehntel-Silberlösung erfordern, um in alkalisch gemachter Flüssigkeit eine beim Umschütteln nicht mehr verschwindende, sondern bleibende Trübung zu erzeugen?**

In 15 C.-C. einer Zehntel-Silberlösung (d. h. $^1/_{10}$ Aequ. salpetersaures Silberoxyd gelöst in Wasser zu 1 Liter oder 1000 C.-C. vgl. S. 69) sind enthalten x

C.-C.	(AgO, NO_5) : 10	C.-C.
1000 :	17,0	= 15 : x

x = 0,255 Gramm salpetersaures Silberoxyd.

1 Aequ. des verbrauchten salpetersauren Silberoxyds entspricht 2 Aequ. wasserfreier Blausäure, also entsprechen den 255 Milligr.

AgO, NO_5	2HCy	
170,0 :	54,0	= 0,255 Gramm : y

y = 0,081 Gramm HCy

Da nur 4 Theile untersucht sind, aber nach dem Gehalt in 100 gefragt ist, muss der für y gefundene Werth mit 25 multiplicirt werden. 0,081 $\times$ 25 = 2,025 Procent wasserfreie Blausäure.

Weit einfacher gestaltet sich die Berechnung, wenn man sagt: 1 C.-C. der Zehntel-Silberlösung entspricht 0,0054 Gramm Blausäure; denn

AgO, NO_5	2HCy	170 : 10 : 1000	
170 :	54	= 0,017	: x

x = 0,0054

Der Verbrauch von 15 C.-C. der Zehntel-Silberlösung zeigt also 0,0054 . 15 = 0,081 Gramm wasserfreie Blausäure in 4 Gramm der verdünnten an, oder 0,081 . 25 = 2,025 Procent.

Wenn eine blausäurehaltige Flüssigkeit (etwa Aqua amygdalarum amararum concentrata der Pharmacopoea Germanica) $^1/_{1000}$ Blausäure enthält, **wie viel Cubik-Centimeter der Zehntel-Silberlösung werden erfordert, um in 100 Gramm jener alkalisch gemachten Flüssigkeit eine eben nicht mehr verschwindende Trübung zu erzeugen?**

Zur Beantwortung dieser Frage setzt man: 2 Aequ. Blausäure verhalten sich zu der Titrirflüssigkeit, wie der Gehalt des Präparats an Blausäure zu der zur Hervorbringung einer bleibenden Trübung verbrauchten Menge der Titrirflüssigkeit. Wenn in 1000 Gewichtstheilen des Präparats 1 Gewichtstheil Blausäure sich finden muss, so müssen 100 Gramm des Präparats 0,1 Gramm Blausäure enthalten:

2HCy	$^1/_{10}$ Silberlösung	In 100 Gramm geforderter Blausäuregehalt	Wie viel C.-C.?
54 :	10000	= 0,1 :	x

x = $18^1/_2$ C.-C.

Bedarf man, um eine bleibende Trübung hervorzubringen, mehr

als 18½ C.-C. der Titrirflüssigkeit, so ist das Präparat zu stark; bedarf man aber weniger, so ist es zu schwach.

Bei Anstellung dieser Versuche darf man sich nicht dadurch irre machen lassen, dass beim Zuträufeln der Silberlösung in das mit Aezkalilösung alkalisch gemachte Präparat local ein brauner Niederschlag entsteht; er löst sich beim Umrühren wieder auf. Auch die Entstehung dunkler Niederschlagstheilchen darf nicht befremden; sie rühren von der Einwirkung des Silbersalzes auf das Bittermandelöl her. Was man unbeirrt im Auge behalten muss, ist die bleibende opalisirende Trübung, welche auch der weniger Geübte von jeder Chlormetall-Reaktion auf gelöstes Silbersalz her kennt. Ein Körnchen Kochsalz oder ein Tropfen Salzsäure in die zu prüfende Probe gebracht erhöht die Empfindlichkeit der Reaktion.

n) Wie viel calcinirte Soda ist zur Untersuchung anzuwenden, wenn der Verbrauch einer titrirten Oxalsäurelösung, welche in 1000 C.-C. 1 Gramm-Aequivalent = 63,0 Gramm $HO, C_2O_3 + 2$ aq enthält, sogleich den Procentgehalt an NaO, CO_2 angeben soll?

Man nimmt 100 C.-C. der titrirten Oxalsäurelösung und setzt davon so lang zu einer mit Cochenille- oder Lakmustinktur gefärbten Auflösung von 1 Decigramm-Aequ. NaO, CO_2 = 53,0 Gramm : 10 = 5,3 Gramm, bis die Farbe in roth übergegangen ist. Der Verbrauch der Anzahl der C.-C. der Probesäure gibt geradezu den Procentgehalt an reinem kohlensauren Natron an. Der Minderverbrauch unter den vollen 100 C.-C. rührt von den fremdartigen Beimengungen in der zu untersuchenden Soda her.

Will man Aeznatron untersuchen, so wäre eine Menge davon, welche bei absolut reiner Waare 1 Decigramm-Aequ. NaO = 31,0 Gramm : 10 = 3,1 Gramm heissen müsste, mit der Probesäure zu sättigen, und die verbrauchten C.-C. derselben würden den Gehalt an reinem Natron geben.

Bei krystallisirtem kohlensauren Natron ist 1 Decigr.-Aequ. $NaO, CO_2 + 10$ aq = 143,0 Gr. : 10 = 14,3 Gr. anzuwenden.

Bei Potasche etc. ist $^1/_{10}$ Aequ. KO, CO_2 = 69,0 Gr. : 10 = 6,90 Gramm der Waare zu verwenden, und die verbrauchte Anzahl der C.-C. Probesäure drückt jedesmal geradezu den Procentgehalt an KO, CO_2 aus.

Angriffen der atmosphärischen Kohlensäure mehr ausgesetzt ist. Der Bleiessig der meisten Pharmakopœen, auch der Pharmacopoea Germanica, und der ursprünglichen Vorschrift ist ²/₃ essigsaures (1¹/₂ basisches) Bleioxyd, gemengt mit mehr oder weniger einfach essigsaurem Bleioxyd. Der oben durch die Rechnung geforderten Menge entspricht noch am meisten das Präparat der ehem. badischen Pharmakopœ, welche auf 6 Thl. Bleizucker 7 Thl. Bleiglätte vorschreibt. Nur willkürlich und um das Verhältniss zwischen Säure und Basis in diesen Producten nach der ursprünglichen Vorschrift anzudeuten, bezeichnet man dieselben mit Benennungen wie ¹¹/₁₂, ¹⁰/₁₂, ³/₄ etc. saures Salz.

s) Wie viel krystallisirtes kohlensaures Natron ist nöthig, um 1 Kilo Eisenvitriol zu zersetzen?

$FeO, SO_3 + HO + 6\,aq \quad NaO, CO_2 + 10\,aq$

$139{,}0 \quad : \quad 143{,}0 \quad = 1 \text{ Kilo} : x$

$x = 1$ Kilo und 28,777 Gramm kohlensaures Natron.

Um zu erfahren, wie viel Eisenoxydsesquihydrat man aus dieser Menge Eisenvitriol erhalte, könnte man die Menge des kohlensauren Eisenoxyduls, die in obigem Processe erhalten wird, bestimmen, und hieraus unter Rücksichtnahme, dass 4 Aequ. kohlensaures Eisenoxydul 1 Aequ. Eisenoxydhydrat von der Formel $2Fe_2O_3, 3HO$ liefern, zum Zweck gelangen.

Kürzer aber, und selbst ohne vorher die zur Zersetzung des Eisenvitriols nöthige Menge kohlensaures Natron berechnet zu haben, verfährt man auf folgende Weise:

$4\,(FeO, SO_3 + 7\,aq) \quad 2Fe_2O_3, 3HO$

$556{,}0 \quad : \quad 187{,}0 \quad = 1 \text{ Kilo} : x$

$x = 336{,}331$ Gramm Eisenoxydsesquihydrat.

Es liegt die Frage nahe, ob es sich lohnen dürfte, die über dem kohlensauren Eisenoxydul stehende Lauge auf Glaubersalz zu benützen, zu welchem Zweck man ihr etwas überschüssiges kohlensaures Natron zugesetzt haben würde. Um diese Frage zu entscheiden, prüft man, auf wie viel Glaubersalz man rechnen dürfe:

$NaO, CO_2 + 10\,aq \quad NaO, SO_3 + 10\,aq$

$143{,}0 \quad : \quad 161{,}0 \quad = 1028{,}777 \text{ Gramm} : x$

$x = 1$ Kilo und 158,273 Gramm Glaubersalz.

t) Wie viel Aezkalk ist nöthig, um aus 2 Kilo Salmiak alles Ammoniak auszutreiben?

$NH_3, ClH \quad CaO$

$53{,}5 \; : \; 28 = 2 \text{ Kilo} : x$

$x = 1$ Kilo und 46,729 Gramm.

Man nimmt indessen jedesmal weit mehr Aezkalk (5 Theile gegen 4 Theile Salmiak), einmal da der Kalk selten rein ist, und zweitens, weil man Kalkhydrat und Salmiak zweckmässig in Pulverform mengt, wobei sie, indem sie bei der Zersetzung nicht schmelzen, nicht in innige Berührung kommen.

Es wäre unzweckmässig, durch Zusatz einer grösseren Menge von Wasser eine flüssige Masse zu erzeugen, indem bei Anwendung von mehr Wasser, als eben zum Befeuchten des Salmiaks und Kalks nothwendig ist, ein sogenanntes basisches Chlorcalcium $CaCl, 3CaO + 16$ aq entsteht, welches die weitere Einwirkung des Kalks auf den Salmiak erschwert.

Wie viel Ammoniakgas wird aus diesen 2 Kilogr. Salmiak frei?

NH_3, ClH $\quad NH_3$

53,5 : 17,0 = 2 Kilo : x

x = 635,513 Gramm.

Die Aezammoniakflüssigkeit der Pharmakopœen soll ein spec. Gewicht von 0,96 haben. Aus einer Tabelle von Humphry Davy, welche den Gehalt der Aezammoniakauflösungen an Gas angibt, ersieht man, dass 100 Theile eines „Salmiakgeistes" von 0,96 spec. Gewicht aus 10 Theilen Ammoniakgas und 90 Theilen Wasser bestehen. 635,513 Gramm entsprechen daher 6 Kilo u. 355,13 Gramm Salmiakgeist: denn

Proc.-Gehalt

10 : 100 = 635,513 Gramm : x

x = 6 Kilo u. 355,13 Gr.,

welche Menge man, wenn kein Ammoniakgas verloren ginge, erhalten sollte. In der Praxis gewinnt man aus 2 Kilo Salmiak indessen blos 6 Kilo Salmiakgeist, theils wegen der Flüchtigkeit des Ammoniaks, theils wegen der unvollständigen Zersetzung.

u) Wie viel Aezkalk ist nöthig, um 1 Kilo kohlensaures Kali in Aezkali zu verwandeln?

KO, CO_2 $\quad CaO$

69,0 : 28,0 = 1 Kilo : x

x = 405,8 Gramm.

Aus einem im Exempel t) angeführten Grunde schreiben die

Praktiker indessen weit mehr Aezkalk vor, halb so viel bis nahezu eben so viel als kohlensaures Kali.

Wie viel Aezkali (Kalihydrat) würde man, wenn jeder Verlust vermeidlich wäre, aus diesem Kilo kohlensauren Kali's erhalten?

KO, CO_2 KO, HO
69,0 : 56,0 = 1 Kilo : x
x = 811,594 Gramm Kalihydrat.

Ferner: **Wie viel Aezlauge von 1,33 spec. Gewicht?**

Da die Tabelle Dalton's, welche den Gehalt von Kali in der wässerigen Lösung angibt, auf wasserfreies Kali sich bezieht, so muss zuerst die Menge dieses in 1 Kilo kohlensauren Kali's gefunden werden:

KO, CO_2 KO
69,0 : 47,0 = 1 Kilo : x
x = 681,16 Gramm Kali wasserleer.

Nach Dalton enthält eine Aezkalilauge von 1,33 sp. Gewicht 26,3 Proc. Kali, woraus

26,3 : 100 = 681,16 : x

x = 2 Kilo und 590 Gramm Aezkalilauge aus 1 Kilo KO, CO_2, welche Menge aber wegen des hier unvermeidlichen grösseren Verlustes namentlich in Folge der Schwierigkeit, den Kalkbrei auszuwaschen, niemals erreicht werden kann.

v) Wie viel Schwefelsäurehydrat ist nöthig, um aus 2 Kilo Salpeter alle Salpetersäure im unzersetzten Zustande zu erhalten?

KO, NO_5 $2\,(HO, SO_3)$
101,0 : 98,0 = 2 Kilo : x
x = 1 Kilo und 940 Gramm.

Man erhält hiedurch alle Salpetersäure als Hydrat:

KO, NO_5 HO, NO_5
101,0 : 63,0 = 2 Kilo : x
x = 1 Kilo u. 245 Gr. Salpetersäurehydrat.

Um zu erfahren, wie viel von irgend einer verdünnten Säure man aus jenen 2 Kilo Salpeter erhalte, muss man zuerst berechnen, wie viel wasserfreie Säure in jenen 2 Kilo Salpeter enthalten sei:

denn die tabellarischen Angaben von Ure und Wackenroder über den wahren Säuregehalt der verdünnten Salpetersäure sind auf den Gehalt an wasserfreier Säure zurückgeführt. Durch die Proportion

KO, NO_5 NO_5

101,0 : 54,0 = 2 : x erfährt man in x = 1 Kilo 69,3 Gramm die wasserfreie Säure, welche in 2 Kilo Salpeter enthalten ist.

Wollen wir nun wissen, wie viel Scheidewasser z. B. von 1,33 spec. Gew. man erhalte, so entsteht aus dem Mittel der Angaben Ure's und Wackenroder's, dass eine solche Säure 45 Proc. wasserfreie Säure enthält, der Ansatz

45 : 100 = 1069,3 Gramm : x und man findet

x = 2 Kilo und 376,2 Gramm einer Säure von 1,33 sp. Gew. aus 2 Kilo Salpeter, wenn jeder Verlust vermeidlich wäre.

Kürzer verfährt man, wenn man die auf S. 67 Zeile 5 angeführte Aequivalentzahl des Scheidewassers von 1,33 spec. Gewicht direct in Ansatz bringt:

KO, NO_5 Salpeters. v. 1,33

101,0 : 120 = 2 : sch

sch = 2 Kilo u. 376,2 Gramm Scheidewasser von 1,33.

w) Wie viel freies Chlor erhält man durch Behandeln von 50 Gramm reinen Mangansuperoxyds mit hinreichender Salzsäure?

MnO_2 Cl

43,5 : 35,5 = 50 Gramm : x

x = 40,804 Gramm freies Chlor.

Wie viel Braunstein ist nöthig, um 200 Gramm freies Chlor zu erhalten?

Cl MnO_2

35,5 : 43,5 = 200 Gramm : x

x = 245,070 Gramm Braunstein.

Wie viel Salzsäure ist nöthig, um 50 Gramm reinen Braunstein zu zersetzen?

MnO_2 2HCl

43,5 : 73,0 = 50 Gramm : x

x = 83,908 Gramm Salszäuregas;

will man z. B. eine Säure von 1,13 spec. Gew. anwenden, so sind davon 319,527 Gramm nöthig, vorausgesetzt, dass Verlust durch mechanisches Mitfortreissen u. s. w. vermeidlich wäre. Eine Säure von 1,13 sp. Gew. enthält nämlich nach Edm. Davy in 100 Thl. 73,74 Thl. Wasser und 26,26 Thl. Salzsäuregas:

26,26 : 100 = 83,908 Gramm : x

x = 319,527 Gr. einer Salzsäure v. 1,13 sp. Gew.

Da der käufliche Braunstein aber oft kaum die Hälfte seines Gewichtes an reinem Mangansuperoxyd enthält, so wird man in den meisten Fällen gut thun, nur die Hälfte der soeben berechneten Salzsäure anzuwenden, wobei man noch den Vortheil hat, dass, wenn Braunstein wirklich im Ueberschusse vorhanden ist, mit dem Chlor nicht zugleich Salzsäuregas entweicht, das Chlor mithin bei sehr mässiger Entwickelung nicht gewaschen zu werden braucht. Die Erfahrung lehrt, dass man hieraus 1,5 Kilogr. vorzügliches Chlorwasser erhält. Unter der Voraussetzung, dass 1 Vol. Wasser 2 Vol. Chlorgas — 1 Liter also 6,340 Gramm — absorbirt, sollte man aus obiger Menge weit mehr als 1,5 Kilo Chlorwasser erhalten; da aber die vollständige Absorption nie zu erzielen ist, und da man, um eine Sättigung des Wassers zu erreichen, jedenfalls überschüssiges Chlor durchleiten muss, so ist es nicht rathsam, mehr Wasser vorzuschlagen.

x) Wie viel Schwefelsäurehydrat und Braunstein ist nöthig, um alles Chlor aus 100 Gramm Kochsalz abzuscheiden?

Wenn man weiss, dass hiezu auf 1 Aequ. Kochsalz 2 Aequ. Schwefelsäure-Hydrat und 1 Aequ. Braunstein genommen werden müssen, so entstehen folgende Ansätze:

$NaCl$ $2(HO, SO_3)$

58,5 : 98,0 = 100 Gramm : x

x = 167,521 Gr. Schwefelsäurehydrat.

$NaCl$ MnO_2

58,5 : 45,5 = 100 Gramm : y

y = 77,777 Gramm Braunstein.

In der Praxis wendet man indessen etwas mehr Schwefelsäure und Braunstein an, weil jene häufig mehr als 1 Aequ. Wasser, dieses oft Manganoxyd, erdige Verunreinigungen u. s. w. enthält.

y) Obwohl nur Schwefelleber, nie aber reines KS_5 zur Dar-[illegible] von Schwefelmilch verwendet wird, so hat die Frage nichts [illegible]eniger Interesse:

Wie viel Schwefelmilch erhält man durch Zersetzung von 500 Gramm des Fünffach-Schwefelkaliums?

KS_5 $4S$
119,0 : 64,0 = 500 Gramm : x
x = 268,907 Gr. Schwefelmilch.

Da bei diesem Processe 1 Aequ. Schwefelwasserstoff entweicht (was jedoch nach Seite 79 bei Darstellung der Schwefelmilch aus Schwefelleber, welche unterschwefligsaures Salz enthält, der Theorie nach nicht geschieht), so sind 71,428 Gramm Schwefelwasserstoff weggegangen: denn

KS_5 HS
119,0 : 17,0 = 500 Gramm : x
x = 71,428 Gramm.

z) Wie viel kohlensaures Kali muss auf 1 Kilo Schwefel genommen werden, um eine Schwefelleber zu erhalten, die Fünffach-Schwefelkalium enthält?

12 S 3 (KO, CO_2)
192,0 : 207,0 = 1 Kilo : x
x = 1 Kilo und 78,125 Gramm,

oder man nimmt gleiche Theile Schwefel und kohlensaures Kali, da sich von ersterem trotz der gelinden Hitze etwas verflüchtigt.

Wie viel Fünffach-Schwefelkalium enthält eine aus 1 Kilo Schwefel und 1 Kilo 78,125 Gramm kohlensauren Kali's unter der Rothglühhitze dargestellte Schwefelleber?

Da bei Anwendung von 12 Aequ. Schwefel 2 Aequ. Fünffach-Schwefelkalium entstehen, so setzt man

12 S $2KS_5$
192,0 : 238,0 = 1 Kilo : x
x = 1 Kilo und 239,583 Gramm.

α) Wie viel kohlensaures Kali muss angewendet werden, um durch Zusammenkochen und gelindes Zusammenschmelzen mit 1 Kilo Schwefel eine Schwefelleber zu erhalten, welche Dreifach-Schwefelkalium enthält?

8 S 3 (KO, CO_2)
128 : 207,0 = 1 Kilo : x
x = 1 Kilo und 617,188 Gramm.

β) Wie viel kohlensaures Kali muss auf 1 Kilo Schwefel genommen werden, um bei Glühhitze eine Schwefelleber zu erzeugen, die Dreifach-Schwefelkalium enthält?

$10\,S \quad 4\,(KO, CO_2)$

$160,0 : 276,0 = 1 \text{ Kilo} : x$

$x = 1$ Kilo und 725 Gramm.

Wie viel Dreifach-Schwefelkalium enthält diese aus 1 Kilo Schwefel und 1 Kilo 725 Gramm kohlensauren Kali's bereitete Schwefelleber?

Da bei Anwendung von 10 Aequ. Schwefel 3 Aequ. Dreifach-Schwefelkalium entstehen, so setzt man

$10\,S \quad 3\,KS_3$

$160,0 : 261,0 = 1,73 \text{ Kilo} : x$

$x = 2$ Kilo und 822 Gramm.

γ) Wie viel Jodkalium und jodsaures Kali erhält man durch Auflösen von 200 Gramm Jod in Aezlauge?

1) Man erhält 217,848 Gramm Jodkalium: denn

$6\,J \quad 5\,KJ$

$762,0 : 830,0 = 200 \text{ Gramm} : x$

$x = 217,848$ Gramm.

2) Man erhält ferner 56,168 Gramm jodsaures Kali: denn bei dem in Frage stehenden Processe bildet sich auf 5 Aequ. Jodkalium 1 Aequ. jodsaures Kali:

$6\,J \quad KO, JO_5$

$762,0 : 214,0 = 200 \text{ Gramm} : x$

$x = 56,168$ Gramm.

δ) Wie viel Jodkalium und wie viel Sauerstoffgas erhält man durch Schmelzen von 56,168 Gramm jodsauren Kali's?

1) $KO, JO_5 \quad KJ$

$214,0 : 166,0 = 56,168 \text{ Gr.} : x$

$x = 43,57$ Gr. Jodkalium.

2) $KO, JO_5 \quad 6\,O$

$214,0 : 48,0 = 56,168 \text{ Gramm} : x$

$x = 12,598$ Gramm Sauerstoffgas.

Man kann den Sauerstoffgehalt auch indirect dadurch erfahren, dass man das Jodkalium von dem Gewichte des jodsauren Kali's

abzieht: 56,168 jodsaures Kali enthalten
43,57 Jodkalium, mithin bleiben

12,598 Gramm für Sauerstoff.

Will man nun, was übrigens ausser dem Bereiche der Frage liegt, erfahren, welchen Raum diese 12,6 Gramm Sauerstoffgas einnehmen, so ist zu wissen nöthig, dass 1 Liter Sauerstoffgas bei 0° und 760 Mm. Barometerstand 1,43028 Gramm wiegt. Also

Gr. Liter Gr.
1,43028 : 1 = 12,6 : x
x = 8 Liter 809 C.-C. bei 0° und 760 Mm. Barometerstand.

Wenn man nun noch weiter wissen will, wie viel Raum diese 8809 C.-C. Sauerstoff etwa bei + 15° Cels. einnehmen, so ist zu berücksichtigen, dass jedes Gas sich für jeden Grad der 100-theiligen Thermometerscala um 0,00375 = $^1/_{266}$ seines Volumens ausdehnt. 8809 C.-C. dehnen sich also für jeden Grad um $^{8809}/_{266}$ = 38,977 C.-C. aus. Die Ausdehnung für 15° beträgt somit 15 . 38,977 = 584,655 C.-C Diese Ausdehnung summirt zum früheren Volumen gibt 9 Liter 393,655 C.-C. Sauerstoffgas bei + 15° C.

ε) Summirt man die durch Schmelzen des jodsauren Kali's erhaltene Menge Jodkalium . . . . . 43,57 Gr.
zu der direct durch Auflösen des Jods in Kalilauge erhaltenen . . . . 217,848 Gr.,

so erhält man aus 200 Gr. Jod im Ganzen 261,418 Gr. Jodkalium.

Diese Menge erfährt man direct durch eine einzige Rechnung, wenn man sagt: 1 Aequ. Jod liefert bei entsprechender Behandlung 1 Aequ. Jodkalium, also

J KJ
127,0 : 166 = 200 Gramm : x
x = 261,418 Gramm.

ζ) Wie viel Salpetersäure ist nöthig, um 500 Gramm Quecksilber in Oxyd überzuführen?

6 Hg 8 (HO, NO_5)
600,0 : 504,0 = 500 Gramm : x
x = 420 Gr. Salpetersäurehydrat.

Da man, um mit möglichst wenig Salpetersäure möglichst viel Quecksilber in Oxyd zu verwandeln, dem basisch salpetersauren Quecksilberoxyd vor dem Erhitzen (Rothbrennen) noch eben so viel Quecksilber zuzusetzen pflegt, als es bereits enthält, so können mit

der so eben berechneten Menge Säure 1000 Gramm Quecksilber in Oxyd übergeführt werden. Dies geht direct aus der Proportion hervor:

$8\,(HO, NO_5)$ $12\,Hg$ Angewandte Menge des Salpetersäurehydrats

504,0 : 1200,0 = 420 : x

x = 1000 Gr. Quecksilb.

Es wäre unpraktisch, zur Darstellung von HgO Salpetersäurehydrat anzuwenden. Man nimmt dazu eine verdünnte Säure von etwa 1,200 sp. Gew. Um die Menge, welche von dieser erforderlich ist, zu erfahren, sucht man zuerst, wie viel wasserfreier Säure die 420 Gramm Salpetersäurehydrat entsprechen:

HO, NO_5 NO_5

63 : 54 = 420 : x

x = 360 Gramm wasserfreie Säure,

welche nach den Forschungen von Ure und Wackenroder in 1 Kilo 299,629 Gramm einer Säure von 1,200 sp. Gew., die 27,7 Proc. wasserfreie enthält, gegeben sind:

27,7 : 100 = 360 Gramm : 1299,639 Gramm.

Die Erfahrung lehrt aber, dass man, weil etwas unzersetzte Säure während des Auflösens sich verflüchtigt, zur Auflösung von 500 Gramm Quecksilber anstatt 1,3 Kilo wohl 1,5 Kilo Salpetersäure von 1,20 sp. Gew. nothwendig hat.

η) Wie viel Kaliumeisencyanid erhält man durch hinreichendes Einleiten von Chlor in eine Auflösung von 100 Gramm krystallisirten Kaliumeisencyanürs?

$2\,(2KCy, FeCy + 3\,aq)$ $3KCy, Fe_2Cy_3$

422,0 : 329,0 = 100 Gramm : x

x = 77,962 Gramm Kaliumeisencyanid.

ϑ) Wie viel Kohlensäure entsteht bei der weinigen Gährung aus 1 Kilo Traubenzucker?

1 Aequ. wasserfreier Traubenzucker $C_{12}H_{12}O_{12}$ $4\,CO_2$

180,0 : 88,0 = 1 Kilo : x

x = 488,89 Gramm Kohlensäure.

Will man erfahren, welchen Raum diese Menge Kohlensäure bei 15° Cels. einnehme, so ist zu wissen nöthig, dass 1 Liter

Kohlensäure bei 0° und 760 Mm. Barometerstand 1,967 Gr. wiegt. Obige 488,89 Gramm nehmen bei 0°

1,967 Gramm : 1000 C.-C. = 488,89 : x

einen Raum von x = 248 Liter u. 546 C.-C. ein.

Diese nehmen bei 15° C. einen Raum von 262 Liter u. 562 C.-C. ein, denn es dehnt sich, wie schon oben auf S. 103 bemerkt wurde, jedes Gas für jeden Grad der 100-theiligen Thermometerscala um $^1/_{266}$ seines Volumens aus; $^1/_{266}$ von 248 Liter und 546 C.-C. ist $934^{3834}/_{10000}$ C.-C.: für 15° C. dehnen sich also jene 248 Liter u. 546 C.-C. um 15 . 934,3834 = 14 Liter und 16 C.-C. aus, und diese summirt zu der früheren Anzahl geben 14016 + 248546 C.-C. = 262 Liter und 562 C.-C. Kohlensäure.

Wie viel Alkohol entsteht bei der weinigen Gährung von 1 Kilo Traubenzucker?

1 Aequ. Zucker $C_{12}H_{12}O_{12}$ 2 Aequ. Alkohol

180,0 : 92 = 1 : x

x = 511,111 Gramm absoluten Alkohols.

Nach einer Tabelle, welche den Gehalt des wässerigen Alkohols an absolutem Alkohol angibt, findet man leicht, welcher Menge von irgend einem verdünnten diese berechnete Menge absoluten Alkohols entspricht. Man erhält indessen in der Praxis nie die berechnete Menge, einerseits weil bei flüchtigen Körpern und bei Processen, welche eine längere Zeit und erhöhte Temperatur in Anspruch nehmen, ein bedeutender Verlust unvermeidlich ist, andererseits weil erfahrungsgemäss während des Verlaufes der geistigen Gährung etwa 6 Proc. des vergährenden Zuckers zur Bildung anderer Körper, wie Glycerin, Bernsteinsäure u. s. w. in Anspruch genommen werden.

Die Summe der entstandenen Produkte, der Kohlensäure und des Alkohols, muss an Gewicht gleich sein der Summe des zersetzten Zuckers:

Traubenzucker 1 Kilo	488,89	Gramm	Kohlensäure
	511,11	„	Alkohol
1 Kilo =	1000,0	Gramm	Producte.

ι) Wie viel Essigsäurehydrat entsteht bei der Essiggährung aus 1 Kilo absoluten Alkohols?

$C_4H_6O_2$ $\quad$ $HO,\overline{A}$
46,0 : 60,0 = 1 Kilo : x
x = 1 Kilo u. 304,348 Gramm.

Möchte man die Menge concentrirten Essigs von 1,040 spec. Gew. erfahren, welche diesem 1 Kilo u. 304 Gr. Essigsäurehydrats entspricht, so benützt man die Angabe der Tabelle von Oudemanns, dass eine Säure von 1,040 sp. Gew. bei 12° 28 Proc. Essigsäurehydrat enthält:

28 : 100 = 1304 : x
x = 4657 Gramm einer Säure v. 1,040.

Da nach der Vorschrift der Pharmacopoea Germanica der destillirte Essig (Acetum purum) durch Vermengen von 1 Thl. Acetum concentratum mit 4 Thl. destillirten Wassers bereitet wird, würde man aus einer Flüssigkeit, welche 1 Kilo absoluten Alkohols enthält, bei normaler Essiggährung 23¼ Liter eines guten Essigs erhalten, der an Stärke dem Acetum destillatum entspricht, wenn jeder Verlust (namentlich der durch Verdampfung bei der zur Einleitung und Unterhaltung nöthigen Temperatur) vermieden und der ganze Weingeistgehalt bis auf die letzte Spur in Essigsäure übergeführt werden könnte.

κ) Wie viel Bleizucker ist erforderlich, um daraus dieselbe (oben genannte) Menge Essigsäure durch Destillation mit Schwefelsäure zu erhalten?

$HO,\overline{A}$ $\quad$ $PbO,\overline{A} + 3\,aq$
60,0 : 189,5 = 1 Kilo und 304,358 Gramm : x
x = 4 Kilo und 120 Gramm.

Wenn man fragt, wie viel Schwefelsäurehydrat nöthig sei, um diese 4 Kilo 120 Gramm Bleizucker zu zerlegen, so setzt man:

$PbO,\overline{A} + 3\,aq$ $\quad$ HO, SO_3
189,5 : 49,0 = 4120 Gramm : x
x = 1 Kilo und 65,370 Gramm Schwefelsäurehydrat.

Wollte man Essigsäurehydrat (Eisessig) erhalten, so müsste

man den Bleizucker vorher durch Erwärmen vom Krystallwasser befreien und daher in obige Proportionen statt $PbO, \overline{A} + 3$ aq die Formel $PbO, \overline{A}$ setzen.

λ) In neuerer Zeit hat man die sehr schwach gebrannte, durchaus nicht stark geglühte Magnesia als Antidot bei Arsenikvergiftungen mit Erfolg angewandt. Noch bessere Dienste leistet das auf nassem Wege dargestellte Magnesiahydrat, welches man, da anhängendes schwefelsaures Kali die Wirkung nicht beeinträchtigt, aus dem Stegreif bereiten kann, namentlich wenn man viel Wasser zur Lösung des Bittersalzes anwendet.

Wie viel Kalihydrat (Aezkali) ist nöthig, um 500 Gramm Bittersalz zu zerlegen?

$MgO, SO_3 + 7$ aq $\quad KO, HO$

123,0 : 56,0 = 500 Gramm : x

x = 227,650 Gramm Kalihydrat = 191,062 Gramm Kali wasserleer = (nach Seite 98 ist 26,3 : 100 = 191,062 : Kalilg.) 726,471 Gramm der officinellen Aezkalilauge von 1,33 spec. Gew.

Wie viel Magnesiahydrat würde man erhalten, wenn der Brei vollständig ausgewaschen und bei gelindester Wärme getrocknet würde?

$MgO, SO_3 + 7$ aq $\quad MgO, HO$

123,0 : 29,0 = 500 Gramm : x

x = 117,886 Gr. Magnesiahydrat.

μ) Wenn das in den Apotheken als Gegengift bei Arsenikvergiftungen im feuchten Zustande vorräthig gehaltene Eisenoxydhydrat längere Zeit unter Wasser steht, so geht es aus dem amorphen in den krystallinischen Zustand über und verliert dadurch die Fähigkeit, die arsenige Säure schnell und sicher zu binden. Es handelt sich also darum, das Eisenoxydhydrat aus dem Stegreif darzustellen, um es in dem frisch gefällten wirksamsten (weil amorphen) Zustande anzuwenden. Das gebräuchlichste Eisensalz, der Eisenvitriol, ist schwefelsaures Eisenoxydul, welches durch Erhitzen mit Salpetersäure und Schwefelsäure am besten in einer sehr geräumigen Abdampfschale zuvörderst in schwefelsaures Eisenoxyd verwandelt werden muss.

Wie viel Salpetersäure und Schwefelsäure ist nothwendig, um das schwefelsaure Oxydul in Oxydsalz umzuwandeln, wie viel Aezammoniak alsdann, um das Oxyd zu fällen, wie viel Oxydtrihydrat im trockenen Zustande endlich ist in dem ausgewaschenen braunen Brei enthalten?

Wie viel Salpetersäure von 1,185 sp. Gew. ist nothwendig, um den Oxydulgehalt von 500 Gramm reinen Eisenvitriols in Oxyd zu verwandeln?

$6\,(FeO, SO_3 + HO + 6\,aq) \quad NO_5$

$834{,}0 \quad : \quad 54{,}0 = 500$ Gramm : sps

sps = 32,374 Gramm wasserfreie Salpetersäure = 124,5 Gramm von 1,185 sp. Gew. und 26 % Gehalt an NO_5

Oder direct mit Zuhilfenahme des auf Seite 67 angegebenen Aequivalents der officinellen Salpetersäure von 1,185 sp. Gew.:

834,0 : 208 = 500 Gramm : sch

sch = 124,7 Gramm officinelle Salpetersäure v. 1,185 sp. Gew.

Wie viel Schwefelsäurehydrat ist nothwendig, um 500 Gramm Eisenvitriol unter Zusatz der eben berechneten Menge Salpetersäure in schwefelsaures Eisenoxyd zu verwandeln?

$2\,(FeO, SO_3 + HO + 6\,aq) \quad HO, SO_3$

$278{,}0 \quad : \quad 49{,}0 = 500$ Gramm : schwsh

schwsh = 88,129 Gramm Schwefelsäurehydrat.

Wie viel Aezammoniak ist nöthig, um das aus 500 Gramm Eisenvitriol erzeugte Eisenoxydsalz zu zerlegen?

Um den Eisenvitriol in schwefelsaures Eisenoxyd zu verwandeln, musste — abgesehen von der zur Oxydation verwendeten Salpetersäure — noch halb so viel Schwefelsäure zugesetzt werden, als derselbe bereits enthält. Um das aus 2 Aequ. Eisenvitriol entstandene schwefelsaure Eisenoxyd zu zerlegen, sind mithin 3 Aequ. Ammoniak nöthig. Mit Hilfe dieser Betrachtung kann man die schwebende Frage indirekt lösen, ohne vorher die Menge des aus 500 Gramm Eisenvitriol entstandenen schwefelsauren Eisenoxyds berechnet zu haben:

$2\,(FeO, SO_3 + 7\,aq) \quad 3\,NH_3$

$278{,}0 \quad : \quad 51{,}0 = 500$ Gramm : amk

amk = 91,726 Gramm Ammoniak oder 917,266 Gr. Aezammoniakflüssigkeit von 0,96 sp. Gew., welche, wie S. 97 angeführt, 10 % Ammoniak enthält.

Um sicher zu sein, dass kein basisch schwefelsaures Eisenoxyd beigemengt bleibe, thut man wohl, einen kleinen Ueberschuss von Ammoniakflüssigkeit anzuwenden.

Wie viel Eisenoxydtrihydrat erhält man durch gelindes Trocknen des ausgewaschenen Niederschlages?

$2\,(FeO, SO_3 + 7HO) \quad Fe_2O_3, 3HO$

$278{,}0 \quad : \quad 107{,}0 = 500$ Gramm : trh

trh = 192,446 Gramm Eisenoxydtrihydrat.

Wenn man dem Niederschlag so viel Wasser lässt, dass sein Gewicht 4 Kilo 618,7 Gramm, also stark das Neunfache des angewendeten Eisenvitriols beträgt, so entsprechen 24 Thl. des braunen Breies genau 1 Thl. Eisenoxydtrihydrat.

ν) Die Frage, wie viel Goldchlorid ($AuCl_3$, 6 aq) aus einem 3,5 Gramm schweren Dukaten oder aus 3,5 Gramm reinem Gold erhalten werde, dürfte zu leicht erscheinen. Richten wir daher unsere Aufmerksamkeit auf eine andere Seite des am Schlusse von ν) auf S. 85 dargestellten Processes. In der Analyse ist es oft schwierig, die relativen Mengen von Eisenoxydul und Eisenoxyd zu bestimmen, wenn diese neben einander vorkommen; bei in Säure unauflöslichen Körpern ist es sogar geradezu unmöglich. Eine der besten Methoden zur Analyse eisenoxydul- und oxydhaltiger Verbindungen ist auf die Thatsache basirt, dass Eisenoxydulsalze durch Goldchlorid in Eisenoxydsalze (und Eisenchlorid) unter Abscheidung von metallischem Gold umgesetzt werden.

Auf wie viel Eisenoxydul darf man schliessen, wenn durch eine eisenchloridhaltige Eisenchlorürlösung oder durch eine eisenoxydhaltige Eisenoxydullösung aus Natriumgoldchlorid, welches Goldsalz man am zweckmässigsten hiezu anwendet, 0,521 Gramm Gold gefällt worden sind?

Au 6 FeO
197,0 : 216,0 = 0,521 Gramm : x
x = 0,571 Gramm Eisenoxydul.

Und wie viel (so eben aus saurer Auflösung krystallisirter, am besten durch Alkokol gefällter) **Eisenvitriol wird verwendet worden sein, wenn 0,521 Gramm Gold erhalten wurden?**

Au 6 (FeO, SO_3 + 7 aq
197,0 : 834,0 = 0,521 Gramm : vtr
vtr = 2,205 Gr.

Geben 2,205 Gramm Eisenvitriol mit überschüssigem Natriumgoldchlorid gefällt weniger als 0,521 Gramm Gold, so enthält der Vitriol bereits Eisenoxyd, dessen Menge aus dem fehlenden Gewichte des Goldes berechnet werden kann.

ξ) **Wie viel wasserfreies** (durch anhaltendes Erwärmen bei 100° erhaltenes) **Amygdalin muss in eine süsse Mandelemulsion gebracht werden, um eine Flüssigkeit mit 0,03 Gramm Blausäuregehalt zu erhalten?**

1 Aequ. Cyanwasserstoff 1 Aequ. Amygdalin

27,0 : 457,0 = 0,03 Gramm : x

x = 0,508 Gramm Amygdalin.

Würden diese 0,508 Gramm Amygdalin in 6,25 Gramm süsse Mandelemulsion gebracht, so enthielte diese Emulsion 1/2 Proc. Blausäure; wird obige Menge Amygdalin in 75 Gramm Emulsion gebracht, so enthält diese 1/24 Proc. Blausäure.

41. Mit welchen Namen bezeichnet man gewöhnlich die Aequivalentenlehre?

Man nennt die Aequivalentenlehre bisweilen Proportionslehre, weil sie die festen (d. h. unveränderlichen) Verhältnisse oder Proportionen erforscht, in welchen sich die Körper chemisch mit einander verbinden. Gewöhnlich aber bezeichnet man die Aequivalentenlehre mit dem ihr von ihrem lange verkannten Begründer Jerem. Benjamin Richter beigelegten Namen „Stöchiometrie“ (στοιχεῖον Element; μετρέω messen).

Obwohl nicht im nothwendigen Zusammenhange mit der Stöchiometrie stehend, wird doch dem Herkommen gemäss mit ihr zugleich abgehandelt die atomistische Lehre, aus welcher man Muthmassungen schöpft über den tiefsten, vom menschlichen Geiste erforschbaren Grund der Erscheinung der Mischungsgewichte.

42. Was lehrt die atomistische Theorie (Corpuscular-Theorie)?

Sie lehrt, dass jeder einfache Körper aus sehr kleinen, unter sich sowohl gleichen als gleich schweren, durchaus nicht weiter theilbaren, sich nicht unmittelbar berührenden, sondern in Abständen von einander sich haltenden Theilchen besteht, die man Moleküle,

Massentheilchen nennt. Der Ausdruck Atom (α privativum, nicht; τομή Schnitttheil; ἡ ἄτομος schon bei Democritus „der untheilbare Stoff") ist ein sehr alter. In der Chemie bezeichnet man heut zu Tage mit Atom eines Elements die geringste Gewichtsmenge desselben, welche in eine chemische Verbindung einzutreten vermag. Ein Molekül eines einfachen Gases enthält 2 Atome. Die Volumzunahme eines Gases durch Wärme erklärt man sich durch die Vergrösserung des Abstandes der kleinsten Theilchen (Moleküle), die Zusammendrückbarkeit eines Gases unter Freiwerden von Wärme umgekehrt durch die Verkleinerung des Abstandes der Moleküle. Sie nimmt ferner an, dass diese Atome bei den verschiedenen Körpern ein verschieden grosses Gewicht haben, und erklärt daraus die Verschiedenheit in der Schwere der verschiedenen Aequivalente. In einer chemischen Verbindung finden sich je ein oder mehrere Atome zu einem zusammengesetzten Atome neben einander gelagert, welches zusammengesetzte Atom durch chemische Kräfte zwar in seine Bestandtheile getrennt, nicht aber durch mechanische Kräfte getheilt werden kann. Weil 1 Atom des Körpers A nur mit 1 2 3 4 5 Atomen des Körpers B oder 2 Atome von A mit 3 5 7 Atomen von B oder 3 Atome von A mit 5 7 Atomen von B zu einem zusammengesetzten Atome sich verbinden können, so ergibt sich das Gesetz der multiplen Proportionen als eine nothwendige Folgerung der Atomtheorie. Das Gewicht des zusammengesetzten Atoms wird durch die Summe der Gewichte der in Verbindung getretenen Atome ausgedrückt.

43. Warum hängt die Lehre der chemischen Aequivalente mit der atomistichen Lehre nicht nothwendig zusammen?

Die Lehre der chemischen Aequivalente hat sich aus der Erfahrung gebildet, man musste endlich, gleichviel früher oder später, darauf kommen, dass die chemischen Verbindungen nach festen, unabänderlichen, unter sich in merkwürdiger Harmonie stehenden Verhältnissen vor sich gehen, dass sie geschehen nach Maas und Gewicht; man musste darauf kommen, dass im Eisenoxyd anderthalbmal so viel Sauerstoff gegen dieselbe Menge von Eisen enthalten

ist, als im Eisenoxydul; dass 2 Maas Salzsäuregas aus 1 Maas Chlor und 1 Maas Wasserstoff bestehen; dass 2 Maas Wassergas aus 2 Maas Wasserstoff und 1 Maas Sauerstoff bestehen; dass die Mengen des Sauerstoffs in seinen Verbindungen mit dem Stickstoff: im Stickoxydul, Stickoxyd, in der salpetrigen Säure, salpetersauren Salpetrigsäure und in der Salpetersäure sich genau zu einander verhalten, wie die Zahlen 1 : 2 : 3 : 4 : 5, dass mit einem Worte die empirische procentische Zusammensetzung das Gesetz der festen Verhältnisse im verschleierten Zustande enthält.

Alles dieses und was in diesem Jahrhundert durch ernste Anwendung von Wage und Maas in der Chemie geleistet worden ist, konnte gefunden werden, ohne dass die atomistische Lehre nothwendig gewesen wäre. Allein diese Lehre war die natürliche Folge jener Entdeckungen. Der Scharfsinn und Fleiss findet Thatsachen; der Geist will das Gefundene begreifen, und da er das „Innere der Natur nicht zu ergründen vermag“, stellt er Hypothesen auf, welche bei fortschreitenden Kenntnissen, wenn sie zur Erklärung des wieder Gefundenen nicht mehr hinreichen, durch neue ersetzt werden. Die wahre Beobachtung oder Erfahrung über die Aequivalente bleibt für immer stehen, wenn auch die gleichzeitige Theorie (die atomistische) ihre Farbe wechseln oder schwanken sollte.

Es ist sogar kaum denkbar, wie der Geist die Grundsätze der Aequivalentenlehre zu erforschen die Ausdauer gehabt hätte, ohne zugleich speculirend mit einer Erklärung hervorzutreten, und durchaus ohne Grund wirft man der Chemie vor, dass sie hierin unberufener Weise der Philosophie vorgegriffen habe.

Eine Erklärung für die Thatsache der Aequivalente findet sich nach den jetzt herrschenden Ansichten in der atomistischen Theorie, welche von England und Schweden aus auch in Deutschland Eingang gefunden hat. Da diese Theorie dem Geiste der Deutschen aus philosophischen Gründen nicht recht zusagen wollte, ist es ihr nur langsam geglückt, sich hier zu Lande eigentlich einzubürgern. Weil sie aber auf eine recht greifbare Weise Aufschluss gibt über die Erscheinung der Aequivalente, hat man sich auch in Deutschland nicht länger gesträubt, sie in den exacten Naturwissenschaften [illegible]n zu lassen.

44. Was ist die Grundlage der Berthollet'schen Verwandtschaftslehre?

Berthollet sah sich in Folge allgemeiner, von der Schwerkraft abgeleiteter Ideen über die chemische Anziehung zu der Vorstellung veranlasst, dass sich 2 Körper in unzähligen Verhältnissen zwischen 2 Gränzen, zwischen einem bestimmten Maximum und Minimum mit einander verbinden können, und dass die Stärke der Verwandtschaft eines Körpers mit seiner Masse steige. Wenn aber die Erfahrung dies nicht immer bestätige, so seien nur äussere Umstände oder die Einwirkung fremder Kräfte, als Cohäsion, Expansion u. s. w., Schuld daran, dass diese Verbindungsverhältnisse nicht so zahlreich auftreten, wie es ausser diesen hemmenden Umständen der Fall sein würde.

Wenn Wasserstoffgas anhaltend über glühendes Eisenoxyd geleitet wird, so wird das Eisenoxyd zu metallischem Eisen reducirt und mit dem Wasserstoffgas geht der entstandene Wasserdampf fort; das glühende Eisenoxyd befindet sich bei dem Versuche stets in einer Atmosphäre von Wasserstoff; der Process ist eine Erscheinung der Massenwirkung des Wasserstoffgases. Wenn dagegen Wasserdampf über glühendes metallisches Eisen geleitet wird, so wird dieses oxydirt, und mit dem überschüssigen Wasserdampf geht das frei gewordene Wasserstoffgas weg; das glühende Eisen befindet sich bei diesem Versuche stets in einer Atmosphäre von Wasserdampf; der Process ist eine Erscheinung der Massenwirkung des Wasserdampfes.

Kohlensäure in Schwefelkaliumlösung eingeleitet erzeugt kohlensaures Kali; Schwefelwasserstoff anhaltend durch eine Lösung von kohlensaurem Kali geleitet erzeugt Schwefelkalium. Jener Process ist die Folge der Massenwirkung der Kohlensäure; dieser der Erfolg der Massenwirkung des Schwefelwasserstoffgases.

Concentrirte Salzsäure zersetzt das Schwefelantimon in Chlorantimon und Schwefelwasserstoff: Massenwirkung des Chlorwasserstoffs. Der bei diesem Process entweichende Schwefelwasserstoff zersetzt oben beim Ausgang aus dem Kolben das mitaufgerissene verdünnte Chlorantimon in Schwefelantimon und Chlorwasserstoff: Massenwirkung des Schwefelwasserstoffs. Doch darf nicht verschwie-

gen werden, dass HS in verdünnten Lösungen von $Sb\,Cl_3$ unter allen Umständen Niederschläge von $Sb\,S_3$ erzeugt, eine Erscheinung, welche der vollkommenen Unauflöslichkeit der Verbindungen von Schwefel und Antimon in verdünnten Säuren zuzuschreiben ist.

Allgemein: wenn a und b ziemlich gleich grosse Verwandtschaft zu c haben, so entsteht bei vorwiegender Einwirkung von a auf b c vorzugsweise a c, bei vorwiegender Einwirkung von b auf a c aber vorzugsweise b c.

45. Widerspricht mithin diese Berthollet'sche Lehre nicht geradezu den chemischen Proportionen?

Durchaus nicht: denn die Lehre, dass die Stärke der Verwandtschaft eines Körpers mit seiner Masse steigt, schliesst nicht den Umstand aus, dass die entstehenden Verbindungen nach den gesetzlichen Verhältnissen geschehen. In den obigen Beispielen der Massenwirkung entstehen alle Verbindungen und gehen alle Zersetzungen nur nach den stöchiometrischen Formeln HO Fe_2O_3 KO, CO_2 KS $Sb\,Cl_3$ HS $Sb\,S_3$ HCl vor sich. Die Einleitung und der Fortgang des ganzen Processes ist die Folge der Massenwirkung; innerhalb derselben gehen aber alle Erscheinungen nach Maas und Gewicht vor sich.

Berthollet selbst dehnte zwar seine Lehre zu weit aus und läugnete die Existenz der jetzt gründlich erforschten und unumstösslich hingestellten Grundwahrheiten der Stöchiometrie; er wurde aber schon bei Kundmachung seiner Ansichten in einen harten Kampf, in jenes Muster für wissenschaftliche Streite, mit Proust verwickelt, welcher Letztere zu beweisen sich bemühte, dass das Eisen blos zwei Oxydationsstufen habe, und dass die analysirten intermediären Oxydationsreihen blos Gemenge oder auch chemische Verbindungen von Eisenoxydul und Eisenoxyd seien. Proust trug in diesem Streite mit Berthollet den Sieg davon, weil sich seine Behauptungen auf richtige Versuche stützten, wiewohl sich Berthollet mit einem Scharfsinne vertheidigte, der ohne die genaueste Kenntniss der Details ·n Leser fast zwingt, seiner Ansicht beizupflichten.

Neben der weiteren Ausbildung der Stöchiometrie wurden in- auch die stichhaltigeren Sätze der Berthollet'schen Lehre ver-

nachlässigt, und erst in der neueren Zeit sind dieselben von einzelnen Chemikern so gewürdigt worden, wie sie Hand in Hand mit der Aequivalentenlehre zur Erklärung der chemischen Processe es verdienen.

46. Da die atomistische Theorie den Grund der Erscheinungen der Aequivalente in der verschiedenen Schwere der Atome sucht, so ist wohl Atom und Aequivalent gleichbedeutend?

Es ist klar, dass dies der Fall sein müsste, wenn man nicht aus verschiedenen Gründen bei vielen Körpern angenommen hätte, dass 1 Aequivalent 2 Atome enthalte, oder dass 3 ächte (wahre, s. Frage 33) Aequivalente, dividirt durch die Zahl 2, erst 1 Atom enthalten, oder dass sogar mehrere chemische Aequivalente auf ein Atom gehen (Frage 54, 64) u. s. w. Bei allen jenen Körpern, wo man Grund hat, 1 Aequivalent für 1 Atom zu setzen, ist das relative Gewicht eines Atoms durch die Aequivalentzahl, also in der Regel durch jene Menge ausgedrückt, die sich mit 8 Thl. Sauerstoff verbindet.

Die Uebereinstimmung oder der Unterschied zwischen Aequivalentzahl und Atom- (und Molekular-) Gewicht der einzelnen Körper ist übersichtlich zusammengestellt in Frage 27 auf S. 21 u. 22.

47. Bei welchen Körpern ist die ältere Volumtheorie Ursache, dass das Aequivalent in 2 Atome gespalten wurde, und in wie fern hat die ältere Volumtheorie überhaupt Einfluss auf den Unterschied zwischen Atom und Aequivalent?

Ersteres trifft bei Wasserstoff, Chlor, Brom, Jod, Fluor, Stickstoff zu. — Feste und flüssige Körper dehnen sich durch Erwärmung ungleich aus; die Gase hingegen dehnen sich bei gleicher Erwärmung gleichförmig aus, so lange wenigstens, als sie bis auf einen gewissen Grad von ihrem Condensationspunkte entfernt bleiben. Ferner erleiden die Gase bei Anwendung eines gleichen äusseren Druckes die gleiche Volumverminderung. Die atomistische Theorie gibt sich hierüber so Rechenschaft, dass in einem gleichen Volumen verschie-

dener Gase eine gleiche Anzahl leerer Zwischenräume sei, welche bei gleicher Erwärmung um gleichviel grösser, bei gleicher Erkältung oder bei Anwendung eines gleichen Druckes um gleichviel kleiner werden. Da nun die Atome verschiedener Gase sich in gleicher Entfernung von einander befinden, so enthält mithin ein gleiches Volumen (ein gleich grosser Raumtheil) verschiedener Gase eine gleich grosse Anzahl Atome. (Vgl. jedoch Frage 64.)

Wenn die Erfahrung lehrt, dass 2 Maas Wasserstoffgas mit 1 Maas Sauerstoffgas Wasser bilden, so sagt die atomistische Theorie, das Wasser bestehe aus 2 Atomen Wasserstoff- und 1 Atom Sauerstoffgas. Sie nimmt an, dass Volum und Atomgewicht gleichbedeutend sind. Eine Menge Wasserstoff 1 (12,5), welche sich mit 8 (100) Theilen Sauerstoff zu Wasser verbindet, wurde auf S. 21 als Aequivalentzahl des Wasserstoffs bezeichnet; diese Zahl repräsentirt aber in Beziehung auf das Volumen des Sauerstoffgases 2 Volumina, folglich auch 2 Atome. Ein Atom Wasserstoff wiegt also nach Berzelius 0,5 (oder 6,25 berechnet auf O = 100). Ein Volum Sauerstoffgas ist dagegen = 1 Aequivalent, weswegen 1 Aequ. Sauerstoff auch vom Standpunkt der Volumtheorie aus 1 Atom heisst.

Die neuere Theorie zieht vor, 1 Volum Wasserstoff = 1 zu setzen; dadurch erhält sie für Wassergas $H_2\Theta$ 18 und für Θ 16.

Um von den Aequivalentgewichten zu den Atomgewichten zu gelangen, halbirt die alte Volumtheorie H Cl F Br J N, während die neue Volumtheorie O S Se C Si Hg Cu Pb Fe Zn Mg Ca Ba etc. verdoppelt (Frage 64).

Mit 1 Aequ. (2 Volumen, 2 Atomen) Wasserstoff verbindet sich 1 Aequ. Chlor zu Salzsäuregas. Die Erfahrung lehrt, dass gleiche Volumina Wasserstoff und Chlor, also 2 Volume Wasserstoff mit 2 Vol. Chlor, Salzsäure bilden. Wenn nun die ältere Volumtheorie 2 Vol. Wasserstoff 2 Atome (ein Doppelatom) nennt, so musste sie auch 2 Vol. Chlor 2 Atome (ein Doppelatom) nennen. Das Atom des Chlors war ihr daher die Hälfte seines Aequivalentes, also 17,75. Ebenso ist es bei den dem Chlor durchaus analogen Brom, Jod und Fluor. 1 Atom Brom wiegt in ihren Augen mithin [illegible]; 1 Atom Jod 63,5; 1 Atom Fluor 9,5. Es leuchtet hieraus ein, [illegible] diese Atomgewichte, berechnet auf O = 100, also multiplicirt

mit 12,5 entsprechen den specifischen Gewichten der Gase, bezogen auf das specifische Gewicht des Sauerstoffgases = 100 (64ste Frage).

Die niedrigste Oxydationsstufe des Stickstoffs, das Stickstoffoxydul, enthält auf 1 Vol. Sauerstoff 2 Vol. Stickstoff. Diese 2 Vol. Stickstoff sind auf S. 21 als Aequivalent bezeichnet; sie mussten als 2 Atome gelten, da sie sich mit 1 Vol. (1 Atom) Sauerstoff verbinden. Salpetersäure besteht aus 1 Vol. Stickstoff und $2\frac{1}{2}$ Vol. Sauerstoff; wird Volum = Atom gehalten, so müssen, da $\frac{1}{2}$ Atom undenkbar ist, diese Zahlen verdoppelt werden. Die Salpetersäure besteht mithin für die ältere Volumtheorie aus 2 Atomen (= 1 Aequ. = 14) Stickstoff + 5 Atomen (= 5 Aequ. = 40) Sauerstoff, hat folglich das Aequivalent 54,0, welche Menge in der That von ihr nöthig ist, um mit 1 Aequ. einer Base ein Neutralsalz zu bilden.

1 Atom Wasserstoff, Chlor, Brom, Jod, Fluor, Stickstoff wird nach Berzelius mit H, Cl, Br, J, Fl, N bezeichnet. Diese Symbole doppelt genommen drücken 1 Aequ. aus; anstatt aber H_2, Cl_2 u. s. f. zu schreiben, schlug Berzelius der Kürze wegen zur Bezeichnung von Doppelatomen vor, durch das untere Dritttheil des einfachen Symbols einen Querstrich zu ziehen, so dass also 2 Atome = 1 Doppelatom = 1 Aequ. jener Körper mit ~~H~~, ~~Cl~~, ~~Br~~, ~~I~~, ~~Fl~~, ~~N~~ bezeichnet werden. Von vielen Chemikern und (von der vierten Auflage an) auch im vorliegenden Katechismus werden diese Symbole ohne Querstrich oder ohne die Zahl 2 angewendet, um 1 Aequ. auszudrücken.

48. Was lehrt die Volumtheorie?

Die Volumtheorie ruht auf den Gesetzen:

In gleichen Raumtheilen verschiedener Gase — einfacher und zusammengesetzter — ist immer eine gleiche Anzahl von Molekülen (physikalischen Atomen) enthalten, woraus hervorgeht, dass alle Körper im Gaszustande denselben Gesetzen der Ausdehnung durch Wärme und der Zusammendrückbarkeit folgen.

Wenn sich zwei Gase mit einander verbinden, so stehen sowohl die Volume derselben unter sich, als auch

das Volum der entstehenden Verbindung zu der Summe der in Verbindung getretenen Gasvolume in einem einfachen Verhältnisse.

Die Verhältnisse des Stickstoffs und des Chlors zu Sauerstoff zeigen folgende Beziehungen:

2 Vol. Stickstoff bilden mit 1 Vol. Sauerst. 2 Vol. Stickoxydulgas.
2 „ „ „ „ 2 „ „ 4 „ Stickoxydgas.
2 „ „ „ „ 3 „ „ wie viel? salpetr. Säure.
2 „ „ „ „ 4 „ „ 4 V. salpeters. Salpetrigs.
2 „ „ „ „ 5 „ „ wie viel? Salpetersäure.
2 Vol. Chlor bilden mit 1 Vol. Sauerstoff 2 Vol. unterchlorige Säure.
2 „ „ „ „ 3 „ „ 3 „ chlorige Säure.
2 „ „ „ „ 4 „ „ 4 „ Unterchlorsäure.
2 „ „ „ „ 5 „ „ wie viel? Chlorsäure.
2 „ „ „ „ 7 „ „ wie viel? Ueberchlorsäure.

Vergleicht man die Volume zusammengesetzter Gase mit den Voluminen ihrer Bestandtheile, so ergibt sich meist folgendes Verhältniss:

a) Das Volum der entstandenen gasförmigen Verbindung ist gleich der Summe der Volume der Bestandtheile, wenn sich zwei einfache Gase zu gleichen Voluminen vereinigen:

2 Vol. Stickstoff und 2 Vol. Sauerstoff bilden 4 Vol. Stickoxydgas.
2 „ Chlor und 2 Vol. Wasserstoff bilden 4 Vol. Salzsäuregas.
2 „ Jodgas und 2 Vol. Wasserstoff bilden 4 Vol. Jodwasserstoffgas.
2 „ Bromgas u. 2 Vol. Wasserstoff bilden 4 Vol. Bromwasserstoffg.

b) Das Volum der Verbindung beträgt $^2/_3$ von der Summe der Volume der gasförmigen Bestandtheile, wenn sich zwei Gase in dem Verhältniss von 2 : 1 Volum vereinigen:

1 Vol. Sauerstoff und 2 Vol. Wasserstoff bilden 2 Vol. Wassergas.
1 „ Schwefelgas und 2 Vol. Wasserstoff bilden 2 Vol. Schwefelwasserstoff.
2 „ Chlor und 1 Vol. Sauerstoff bilden 2 Vol. unterchlorige Säure.
2 „ „ „ 4 „ „ „ 4 „ Unterchlorsäure.
„ Stickstoff u. 1 Vol. Sauerstoff bilden 2 Vol. Stickoxydul.
„ „ „ 4 „ „ „ 4 „ Untersalpeteräure.

Bei diesen Beispielen tritt mithin eine $^2/_3$ Condensation ein.

Es finden aber auch noch andere Condensationen Statt: z. B. auf die Hälfte (auf 4 Vol.) zwischen 2 Vol. Stickstoff und 6 Vol. Wasserstoff bei Ammoniakgas, jene auf $^3/_5$ zwischen 2 Vol. Chlor und 3 Vol. Sauerstoff zu 3 Vol. chloriger Säure, $^7/_4$ zwischen 6 Vol. Wasserstoffgas und 1 Vol. Phosphor- (Arsen-) Dampf zu 4 Vol. Phosphor- (Arsen-) Wasserstoffgas u. s. w.

Angesichts des Gesetzes b) folgerte man weiter:

c) Wenn 1 Volum eines aus zwei Bestandtheilen zusammengesetzten Gases 1 Volum des einen Bestandtheiles enthält, so beträgt das Volum des andern Bestandtheils $^1/_2$ Volum.

Auf Grund dieses Gesetzes schloss man (da 1 Vol. Sauerstoff beim Uebergang in Kohlenoxydgas 2 Vol. dieses bildet, welche durch Zutritt eines weiteren Volumens Sauerstoff, ohne Raumvermehrung also 2 Volume, Kohlensäure bilden), dass Kohlensäure aus 2 Vol. Sauerstoffgas und 1 Vol. Kohlenstoffgas bestehe, und bestimmte auf diese Weise (s. Frage 63) das specifische Gewicht des hypothetischen Kohlenstoffgases.

d) Wie die Verbindungen der Gase nach einfachen Raumverhältnissen vor sich gehen, und wie zwischen dem Volum der zusammentretenden Gase und demjenigen der entstandenen chemischen Verbindung jederzeit ein einfaches Verhältniss besteht, in ähnlicher Weise existiren auch unverkennbare, aber minder einfache Verhältnisse bei dem Zusammentreten sowohl der flüssigen, als auch der festen Körper. Dividirt man die Aequivalentzahlen der Stoffe durch deren specifisches Gewicht, so erhält man die Aequivalentvolume (Frage 53), deren Uebereinstimmung sowohl bei sonst unter sich verschiedenen einfachen Körpern, als auch bei zusammengesetzten Körpern von analoger und von verschiedener Constitution häufig gleiche Krystallform nach sich zieht.

e) Diesen Sätzen ist das Postulat der neueren Volumtheorie (Frage 64) hinzuzufügen: der Raum, welchen ein Aequivalent einer flüchtigen organischen Verbindung einnimmt, beträgt das Vierfache des von einem Volum Sauerstoff (Wasser = 9) eingenommenen Raumes.

Die direkte Kenntniss der Volumgewichte der Elemente, auf Grund deren sich die neuere Volumtheorie veranlasst gesehen

hat, die Atomgewichte vieler Elemente (gegenüber den Aequivalentgewichten) zu verdoppeln, beschränkt sich auf jene verhältnissmässig kleine Anzahl von Elementen, welche im gasförmigen Zustande bekannt sind und gewogen werden konnten, auf folgende 14:

O Cl Br J S Se P N As Te H Hg Cd Zn

Die übrigen der auf S. 21 und 22 genannten 63 Elemente sind theils feuerbeständig, theils nur in so hoher Temperatur in den gasförmigen Zustand zu versetzen, dass die specifischen Gewichte ihrer Gase bisher nicht ermittelt werden konnten.

49. Wiederholte Frage: Was versteht man unter Aequivalent, was unter Atom; sind Aequivalent und Atom, wie häufig von Unkundigen vermuthet wird, gleichbedeutend?

Aequivalent im strengen Sinne des Wortes nennt man jene Menge eines Körpers, mit welcher dieser Körper andere Körper in chemischen Verbindungen ersetzt. Die Aequivalente sind keine absoluten, sondern nur relative Zahlen, relativ auf irgend eine angenommene Menge eines sehr verbreiteten oder viele Verbindungen eingehenden Körpers. Wenn wir also irgendwo die Angabe finden, das Aequivalent des Kaliums sei 39,0 oder das des Eisens 28,0, so haben wir stets in Gedanken zu ergänzen: „wenn das Aequivalent des Wasserstoffs = 1 ist“. Finden wir die Angabe, dass das Aequivalent des Kaliums = 487,5 oder das des Eisens = 350 sei, so haben wir in Gedanken zu ergänzen: „wenn das Aequivalent des Sauerstoffs = 100 ist“.

Wenn man in eine neutrale Lösung von 170 Theilen salpetersauren Silberoxyds ein Kupferblech taucht, so werden 31,7 Theile Kupfer aufgelöst und gleichzeitig 108 Theile Silber gefällt. Bringt man in die hiedurch erhaltene Lösung von salpetersaurem Kupferoxyd einen Streifen Cadmium, so werden von diesem 56 Theile gelöst und gleichzeitig jene 31,7 Theile Kupfer metallisch gefällt. cht man endlich in die nun salpetersaures Cadmiumoxyd entnde Lösung ein Zinkblech, so werden von diesem 32,5 Theile löst unter Abscheidung jener 56 Theile Cadmium. Diese Zahlen

wurden daher auf S. 22 die Aequivalentzahlen dieser Körper genannt; sie hiessen früher aber auch, weil man keinen Grund hatte, eine diese Erfahrung corrigirende Hypothese damit zu verknüpfen, ohne Widerrede die Atomgewichte dieser Körper.

Nicht alle Körper verhalten sich aber gegen die anderen so, dass sie irgend einen oder mehrere in ihren Verbindungen geradezu ersetzen; die Festsetzung der Aequivalentenzahlen des Kohlenstoffs, Siliciums, Bors u. s. w. ist aus diesem Grunde nicht so geradehin auszuführen, und man hat häufig alle erdenklichen Momente des chemischen Verhaltens solcher Körper zu berücksichtigen nöthig, um das Aequivalent derselben mit einiger Sicherheit festzustellen. Die Hypothese spielt dabei eine so grosse Rolle, dass die Aequivalentzahl z. B. für Zirkonium, Silicium, Beryllium, Wismuth bei dem einen Chemiker $^3/_4$, $^2/_3$, $^1/_2$, $^1/_3$ so gross verzeichnet ist, als bei dem anderen, welcher andere Analogieen gelten lässt. Hierin, in Abwägung aller Momente, welche eine Stütze für die Festsetzung der Atomgewichte geben konnten, bewährte sich Berzelius' feiner Takt und bewunderungswürdige Umsicht in so erstaunenswerthem Grade, dass nach dem Bekanntwerden der von Mitscherlich (Frage 52) und Regnault (Fr. 54, 64) erweiterten Hilfsmittel keine wesentliche Correction der Berzelius'schen Atomgewichte vorgenommen werden musste.

Die Gleichbedeutung der Aequivalentzahlen und Atomgewichte hatte aber ein Ende, sobald und seitdem man billigerweise die Gesetzmässigkeit der chemischen Verbindungen auch in räumlicher Beziehung aus der atomistischen Theorie abzuleiten versuchte. Wenn in gleichen Voluminen der verschiedenen Gase und in solche verwandelbaren Körper eine gleich grosse Anzahl von Atomen enthalten ist, so kann der Chemiker der Folgerung nicht mehr ausweichen, dass die Volumgewichte (die spec. Gewichte bezogen auf das des Wasserstoffs = 1) auch die Atomgewichte repräsentiren. Schon Berzelius war auf dem besten Wege, zu den Resultaten zu gelangen, welche die neuere Volumtheorie erzielt hat, aber anstatt 1 Volumen Wasserstoff = 1 zu setzen, setzte er es schliesslich zu $^1/_2$ = 0,5 und blieb bei dem Resultate stehen, dass 2 Vol. (1 Doppelatom = H = 1) Wasserstoff mit 1 Vol. (= 1 Atom = O = 8) Sauerstoff Wassergas bilden. Die neuere Volumtheorie nennt aber 1 Vol.

Wasserstoff Ein Atomgewicht, 2 Gewichtstheile (Atomgewichte) Wasserstoff verbinden sich mit 16 Gewichtstheilen (= 1 Atomgew. = O̶ = 16) Sauerstoff zu Wasser, und in Folge dessen müssen die Atomgewichte aller divalenten (2-werthigen) Elemente (Frage 35, 61, 62) gegenüber den früheren Aequivalentzahlen mit 2 multiplicirt werden. Dies Alles folgt logisch auseinander. Nur ist nicht zu rechtfertigen, dass die Neueren sich für diese doppelwerthigen Atomgewichte ohne Weiteres der einfachen Aequivalentsymbole bedienen und wegen der Unbequemlichkeit, die Lettern O̶ S̶ F̶e C̶a etc. beizuschaffen oder O_2 S_2 Fe_2 Ca_2 etc. drucken zu lassen, dem Anfänger die Erkenntniss dieser Verhältnisse erschweren.

Noch einmal: Die Aequivalentzahlen sind aus der Erfahrung geschöpft, sie sind das Resultat tausendfacher mühsamer Analysen. Der denkende Geist sucht nach der Ursache der Aequivalente; er glaubt diese Ursache in dem Gewichte der Atome zu finden, er sieht sich aber bei vielen veranlasst, die Aequivalentzahl nicht als Atomgewicht gelten zu lassen. Die Atomgewichte sind also Aequivalentzahlen, zum Theil modificirt durch geistreiche Hypothesen; die Atomgewichte sind entnommen dem gesammten chemischen Verhalten der Körper und drücken die kleinste Menge eines Elements aus, welche in einer Verbindung vorkommen kann. Mit Molekül aber bezeichnet man die kleinste Menge eines Elements oder einer chemischen Verbindung, welche im freien Zustand existiren kann.

Bei zusammengesetzten Körpern wurde lange Zeit zwischen Aequivalent und Atomgewicht kein Unterschied gemacht. Die Aequivalentzahl nicht nur des Salmiaks, sondern auch des Schwefelsäurehydrats, Kalihydrats etc. wurden nahezu synonym als deren Atomgewicht bezeichnet. Es ist also hier lange Zeit nicht gehörig unterschieden worden zwischen chemischem Atomgewichte und physikalischem (d. h. Molekül), eine Unterlassung, welche sich an der älteren Volumtheorie schwer gerächt hat. Bei der Theilung eines physikalischen Atoms oder Moleküls können nur physikalische Kräfte, ja
bst mechanische Kraft und Wärme nur in so weit in Anwendung
nen, als durch sie keine chemische Zerlegung Statt findet. Die
ıng des Moleküls kann sich *nur auf die Cohäsion, nicht*
ie Affinität erstrecken.

50. Welche Umstände berücksichtigt man vorzugsweise bei der Festsetzung der Aequivalentzahl eines Körpers?

Man nimmt, wie stillschweigend schon in der 23sten und 25sten Frage geschehen, im Allgemeinen an:

1) Wenn sich zwei Körper nur in Einem Verhältnisse miteinander verbinden, so besteht die Verbindung aus je einem Aequivalente der beiden Körper; z. B. AgCl CdO ZnO MgO CaO SrO BaCl LiCl NaCl KCl.

Soll nun z. B. das Aequivalent des Zinks berechnet werden, so benützt man etwa die Analysen des Zinkoxyds von Proust, Berzelius und Gay-Lussac, welche im Mittel in 100 Theilen nahe*) 80,25 Zink und 19,75 Sauerstoff fanden. Dieser Sauerstoffgehalt verhält sich zum Zinkgehalt, wie sich die Aequivalentzahl des Sauerstoffs zur Aequivalentzahl des Zinks verhält:

$$19{,}75 : 80{,}25 = \underset{\text{1 Aequ. Sauerstoff}}{8} : Zn$$

$$Zn = 32{,}5$$

Soll das Aequivalent des Baryums aus dem Chlorbaryum berechnet werden, so benützt man die Analyse von Berzelius, welcher in 100 Thl. Chlorbaryum nahezu 65,87 Baryum und 34,13 Chlor fand:

$$34{,}13 : 65{,}87 = \underset{\text{1 Aequ. Chlor}}{35{,}5} : Ba$$

$$Ba = 68{,}5$$

2) Wenn sich ein Körper in mehreren Verhältnissen mit Sauerstoff verbindet, so nimmt man im Allgemeinen an, dass die niedrigste Verbindungsstufe, wenn sie die festeste ist, aus gleichen Aequivalenten zusammengesetzt sei. Bleioxyd, Eisenoxydul, Manganoxydul werden deswegen aus 1 Aequ. Metall und 1 Aequ. Sauerstoff bestehend betrachtet. Man berechnet daher bei diesen Körpern auf die so eben für Zink angeführte Art aus genauen Analysen das

*) Um das Verständniss nicht unnöthig zu erschweren, ist hier angenommen, als ob die Analyen des Zinkoxyds und Chlorbaryums Resultate geliefert hätten, welche den auf S. 68 und 47 für ZnO und BaCl angezeigten Aequivalentzahlen genau entsprechen.

Aequivalent. Aus der Fixirung der Aequivalentzahl ergibt sich sodann die Betrachtungsweise der übrigen Verbindungsstufen. Was z. B. Eisen und Mangan betrifft, so ist von der Annahme, Eisenoxydul und Manganoxydul seien = FeO und MnO, die natürliche Folge, dass man Eisenoxyd und Manganoxyd als Fe_2O_3 und Mn_2O_3 betrachten muss, indem sie um die Hälfte mehr Sauerstoff als die Oxydule enthalten, und der atomistischen Theorie gemäss $^1/_2$ Atom nicht denkbar ist.

51. In welchen Fällen macht man eine Ausnahme von diesen beiden Regeln?

Wenn die Isomorphie (bei Cr Al Ti Bi Be — 52ste Frage) oder das Aequivalentvolum (bei Zr und Si — 53ste und 65ste Frage) oder die specifische Wärme (bei Cu Au Bi Al — 54ste Frage) oder die Analogie mit anderen Körpern gleichzeitig mit Berücksichtigung der multiplen Proportionen (die Analogie des Sb As und P mit N — 55ste Frage) oder die geringe Stabilität der niedersten Oxydationsstufe (bei Cu und Hg — 56ste Frage) oder das Verhältniss des Sauerstoffs der Basis zu dem der Säure in den Salzen (z. B. bei B Si W — 59ste Frage) zu anderen Annahmen führt.

52. Was ist Isomorphie, in welchen Fällen wird sie bei Festsetzung der Aequivalentzahlen berücksichtigt, und worauf scheint sie zu beruhen?

Viele chemisch verschiedene Körper zeigen beim Krystallisiren gleiche Form, und können sich in ihren Verbindungen mit anderen Körpern ganz oder theilweise vertreten, ohne dass dadurch die Krystallform des zusammengesetzten Körpers verändert wird. Wenn Salze in gleichen Krystallformen krystallisiren, so können sie in jedem Verhältnisse mit einander vereinigt (nicht blos gemengt) vorkommen, wie es die kohlensauren Salze in der Natur, die schwefelsauren im Laboratorium zeigen (vgl. S. 38).

Die Alaunerde krystallisirt als Sapphir in denselben spitzen Rhomboëdern, wie das Eisenoxyd als Eisenglanz und wie das künstlich erhaltene Chromoxyd. Im Alaun kann ein Theil oder die ganze

Menge der Alaunerde durch äquivalente Mengen von Eisenoxyd oder Manganoxyd oder Chromoxyd vertreten werden, ohne dass dadurch die Krystallform und das Verhältniss der übrigen Bestandtheile im Alaun gestört würde. Ferner kann die an Kali oder die an die Alaunerde gebundene Schwefelsäure durch Selensäure ganz oder theilweise ersetzt sein, ohne die Krystallgestalt des Alauns zu beeinträchtigen.

Das Chlorkalium ist isomorph dem Chlorammonium.

Kohlensaurer Kalk, kohlensaure Magnesia, kohlensaures Eisenoxydul, kohlensaures Manganoxydul kommen in der Natur in Rhomboëdern krystallisirt vor, deren Winkel nur wenig von einander abweichen. Man findet — nur sehr wenig von diesen verschiedene — Rhomboëder, welche gleichzeitig kohlensauren Kalk, kohlensaure Magnesia, kohlensaures Eisenoxydul und kohlensaures Manganoxydul in unendlich wechselndem Verhältniss enthalten.

Für jedes phosphorsaure Salz existirt wohl ein entsprechendes arseniksaures, d. h. ein arseniksaures Salz von gleicher Krystallgestalt und gleicher relativer Zusammensetzung (s. Frage 60).

Die Krystallgestalt des Zinnsteins (Zinnoxyd) stimmt mit der des Rutils (Titanoxyd) überein.

Diese Eigenschaft chemisch verschiedener Körper, in gleicher Form zu krystallisiren, nennt man Isomorphie (von ἴσος gleich, und μορφή Gestalt), eine zwar glücklich gewählte, aber nicht streng richtige Bezeichnung; denn völlige Gleichheit der Krystallgestalt findet unter den bis jetzt isomorph genannten Körpern höchstens im regulären Systeme Statt, während die übrigen sogenannten isomorphen Körper sich blos sehr ähnlich sind.

Früher glaubte man, dass die Isomorphie in einer gleichen Anzahl auf gleiche Weise verbundener Atome ihren Grund habe, und glaubte umgekehrt, die Isomorphie als einen sicheren Wegweiser zur Auffindung des Atomgewichtes mancher Körper benützen zu dürfen. Dies geschah zu einer Zeit, wo man nur Isomorphieen zwischen analogen Verbindungen kannte, wie zwischen den Salzen der AsO_5 und PO_5, der SO_3 und SeO_3 (Selensäure), zwischen PbO, SO_3 und BaO, SO_3 und SrO, SO_3, zwischen Mn_2O_3 und Fe_2O_3, zwischen PbO, NO_5 und BaO, NO_5.

Seit man die Isomorphie von Alaunerde mit Eisenoxyd und Manganoxyd kennt, betrachtet man dieselbe als einen Grund, die Alaunerde analog zusammengesetzt ansehen zu dürfen dem aus anderen Gründen (S. 25, 124) für Fe_2O_3 und Mn_2O_3 erkannten Eisenoxyde und Manganoxyde, mithin die Alaunerde, obwohl sie die einzige bis jetzt bekannte Verbindung zwischen Aluminium und Sauerstoff ist, als Al_2O_3 und nicht als AlO bezeichnen zu müssen. Die Menge Aluminium, welche sich mit 3 Aequ. O verbindet, nennt man deswegen — gerade wie beim Eisenoxyde — 2 Aequ. Da 100 Theile Alaunerde aus 53,4 Aluminium und 46,6 Sauerstoff (Fr. 59) bestehen, so findet man nach diesen Voraussetzungen das Atomgewicht des Aluminiums durch

$$\overset{3 \text{ Aequ. } \mathbf{O}}{46{,}6} : 53{,}4 = 24 : \frac{x}{2}$$

$$\frac{x}{2} = 13{,}75 = \text{Atomgewicht des Al, wenn}$$

Alaunerde $= Al_2O_3$.

Würde man als Aequivalentzahl diejenige Zahl nehmen, welche die Menge des Aluminiums ausdrückt, die sich mit 8 Theilen Sauerstoff verbindet, würde man also die Alaunerde als AlO betrachten, so müsste angesetzt werden

$$\overset{1 \text{ Aequ. } \mathbf{O}}{46{,}6} : 53{,}4 = 8 : x$$

$$x = 9{,}17 = \text{Aequ. des Aluminiums, im Falle}$$

Alaunerde als AlO betrachtet würde.

Alle Chemiker huldigen ausschliessend der ersteren Annahme, weil das chemische Verhalten der Alaunerde nach unseren besten Kenntnissen für dieselbe spricht.

Aehnliche Voraussetzungen macht man bei Chromoxyd, welches die Alaunerde ganz oder theilweise im Alaun vertreten kann, ohne dessen Krystallform zu ändern, und bezeichnet es daher durch Cr_2O_3. Diese Ansicht der Zusammensetzung der Chromverbindungen wird noch dadurch bestätigt, dass hiernach folgerecht die Chromsäure mit CrO_3 bezeichnet werden muss, was sehr gut zu ihrer Isomorphie mit Schwefelsäure passt.

Bei Festsetzung der Aequivalentzahl des Titans wurde berücksichtigt, dass Titansäure dem Zinnoxyd isomorph ist.

Man nahm früher das Wismuthoxyd als Bi O an. Da aber das Chlorwismuth mit dem Antimonchlorür, das Schwefelwismuth mit dem Antimonsulphür isomorph ist, so betrachtete man später das Wismuthoxyd als dem Antimonoxyd entsprechend zusammengesetzt. Diesen Erfahrungen zufolge bezeichnet die Mehrzahl der neueren Chemiker das Wismuthoxyd mit $Bi\,O_3$, wodurch das Wismuth eine doppelt so grosse Aequivalentzahl erhält, als es in der ersten, zweiten und dritten Auflage dieses Katechismus hatte.

Bei Festsetzung der Aequivalentzahl des Be wurde die Analogie der Beryllerde mit der Alaunerde zu Grunde gelegt. Die Beryllerde bildet Hand in Hand mit der Alaunerde an Kieselsäure gebunden den Beryll, und hat in ihren Eigenschaften die grösste Aehnlichkeit mit der Alaunerde.

Die übermangansauren Salze sind den überchlorsauren isomorph; das übermangansaure Kali hat überdies nicht blos die Krystallform des überchlorsauren Kali's, sondern beide Salze können sogar sich gegenseitig in allen Verhältnissen ersetzen und zusammenkrystallisiren. Da man nun in beiden Säuren (durch Vergleichung derselben mit den übrigen Oxydationsstufen ihrer Radicale) eine gleiche Anzahl von Sauerstoffäquivalenten (7) anzunehmen genöthigt ist, und da in der Uebermangansäure auf diese Menge Sauerstoff zweifelsohne 2 Atome Mangan enthalten sind, so haben die strengeren Anhänger Berzelius's auch aus diesem Grunde die an 7 Atome Sauerstoff in der Ueberchlorsäure gebundene Menge Chlor (1 Aequ.) in 2 Atome gespalten. Die auf S. 116, 117 aus der Volumtheorie hergeleitete Spaltung eines Aequ. Chlor in 2 Atome wird also auch durch die Isomorphie der überchlorsauren und übermangansauren Salze gerechtfertigt, und wegen der Analogie des Chlors mit Brom, Jod und Fluor eben dadurch auch die Spaltung eines Aequivalents dieser in 2 Atome.

Das Ansehen der Isomorphie in dieser Beziehung ist aber etwas geschwunden, seitdem man dieselbe auch zwischen unter sich nicht analogen Verbindungen entdeckt hat, wie zwischen $Na\,O$, SO_3 und $Ba\,O$, Mn_2O_7 (übermangansaurem Baryt), zwischen $Ca\,O$, CO_2 (als Aragonit) und KO, NO_5, zwischen $Ca\,O$, CO_2 (als Kalkspath) und $Na\,O$, NO_5, zwischen metallischem Arsenik und Eisenoxyd.

Seit der Entdeckung dieser Isomorphieen glaubt man den wahren Grund der Isomorphie in der annähernden Gleichheit des Atomvolums zu finden, so dass, wenn nur diese Gleichheit des Atomvolums Statt hat, auch eine verschiedene Anzahl von Atomen, auf verschiedene Weise gruppirt, Isomorphie hervorbringen kann.

53. Was versteht man unter Aequivalent- und Atomvolum, und wie findet man das Aequivalent- und Atomvolum der Körper?

Die Volumtheorie (Frage 48, 64, 65) weist nach, dass die Aequivalentgewichte der einfachen und zusammengesetzten Gase in sehr einfachen Beziehungen zu den specifischen Gewichten derselben stehen. Weil das Chlorzirkonium als $Zr\,Cl_2$, das Chlorsilicium als $Si\,Cl_2$, das Fluorsilicium als $Si\,Fl_2$ im Dampfzustande 2 Aequivalent-Volume einnehmen, will man dieselben nicht mehr als Zr_2Cl_3 $Si\,Cl_3$ $Si\,Fl_3$ gelten lassen, sondern spricht sie als $Zr\,Cl_2$ $Si\,Cl_2$ $Si\,Fl_2$ und die Zirkonerde folgerichtig als $Zr\,O_2$, die Kieselsäure als $Si\,O_2$ an, wodurch das Aequivalent des Zr um $^1/_3$ höher, das Aequivalent des Si um $^1/_3$ niedriger gegen das frühere sich berechnet.

Weniger einfach sind die Beziehungen der festen und flüssigen Körper zu einander, wenn sie von Seite ihres Volums betrachtet werden. Eine gewisse Regelmässigkeit ist jedoch auch bei den festen und flüssigen Körpern nicht zu verkennen.

Man versteht unter Atomvolum oder specifischem Volum die räumliche Grösse des Atoms eines Körpers, das Volum des Moleküls, daher auch Molekularvolum. Man versteht unter Aequivalentvolum die räumliche Grösse des Aequivalents eines Körpers und findet wenigstens einen annähernden Ausdruck für dasselbe, wenn man das Aequivalent eines Körpers durch sein specifisches Gewicht dividirt. Auf diese Art ergibt sich z. B.

für	Aequ.		Sp. Gew. (Wasser = 1)		d. Aequ.-Volum
Jod	127	:	4,95	=	25,6
Chlor (flüssiges)	35,5	:	1,38	=	25,7
Brom (flüssiges)	80	:	2,97	=	26,9
Phosphor	31	:	1,826	=	16,98
Arsen	75	:	5,8	=	12,9
Schwefel	16	:	1,96	=	8,16
Selen	39,75	:	4,8	=	8,28
Kalium	39,0	:	0,865	=	45,09
Natrium	23	:	0,97	=	23,7
Silber	108	:	10,57	=	10,21
Gold	197	:	19,34	=	10,18
Platin	99	:	21,53	=	4,6
Palladium	53,3	:	11,6	=	4,57
Iridium	99,0	:	21,15	=	4,68
Rhodium	52,2	:	12,1	=	4,31
Quecksilber	100	:	13,6	=	7,35
Blei	103,5	:	11,39	=	9,08
Zink	32,5	:	6,9	=	4,72
Eisen	28	:	7,7	=	3,63
Mangan	27,5	:	7,17	=	3,9
Kobalt	29,5	:	8,5	=	3,47
Nickel	29,5	:	8,8	=	3,35
Kupfer	31,7	:	8,96	=	3,53
Chrom	26,0	:	6,8	=	3,82
Wolfram	92	:	17,22	=	5,35
Molybdän	48	:	8,64	=	5,55

Aus diesen Berechnungen erhellt, dass die räumliche Grösse der Aequivalente verschiedener Körper eine sehr verschiedene ist, dass indessen bei manchen Körpern eine auffallende Gleichheit oder Beziehung zu einander Statt hat.

So stehen sich Chlor, Brom und Jod sehr nahe; ebenso Schwefel und Selen; Silber und Gold; desgleichen Platin, Palladium, Iridium und Rhodium; ebenso Eisen, Mangan, Kobalt, Nickel, Chrom und Kupfer; ferner Wolfram und Molybdän. Andere, wie Kalium und Natrium, stehen fast im Verhältnisse von 2 : 1, d. h. das Aequi-

valentvolum des Kaliums ist fast noch einmal so gross, als das des Natriums.

Wenn man das Aequivalentvolum zusammengesetzter Körper auf ähnliche Weise sucht, so findet man, dass die correspondirenden Verbindungen mancher einfachen Körper, deren Aequivalentvolume gleich sind, ebenfalls gleiche Aequivalentvolume besitzen. Wolfram und Molybdän haben gleiche Aequivalente, ebenso Wolframsäure und Molybdänsäure.

Andere Elemente, deren Aequivalentvolume gleich sind, haben in ihren Verbindungen verschiedene Aequivalentvolume. So sind die Aequivalentvolume des Baryums und Strontiums gleich, während die des Baryts und Strontians verschieden sind.

Umgekehrt haben dagegen manche andere Elemente, deren Aequivalentvolume verschieden sind, in ihren Verbindungen gleiche Aequivalentvolume. Aequivalente Mengen derselben nehmen mithin einen gleich grossen Raum ein. So haben Aluminium, Chrom und Eisen verschiedene Aequivalentvolume, während Alaunerde, Chromoxyd und Eisenoxyd gleiche Aequivalentvolume besitzen.

Die isomorphen Antimon und Arsenik haben verschiedene Aequivalentvolume, Antimonoxyd und arsenige Säure dagegen haben gleiche Aequivalentvolume, ebenso Antimonsäure und Arseniksäure. Zinn und Titan haben verschiedene Aequivalentvolume, Zinnoxyd und Titanoxyd dagegen gleiche oder vielmehr ähnliche. Ferner zeigen ähnliche Aequivalentvolume mehrere trockene kohlensaure, schwefelsaure und salpetersaure Salze (indessen auch solche, welche nicht isomorph sind); mehrere isomorphe wasserhaltige schwefelsaure Salze.

Wenn man nun schon die Ueberzeugung hat, dass die wahre Ursache des Isomorphismus in einem noch nicht erkannten tieferen Gesetze ruht, da man bereits Ausnahmen kennt, wie z. B. die verschieden grossen Aequivalentvolume der isomorphen Antimon und Arsenik, so bescheidet man sich doch vor der Hand mit der Erklärung, dass bei isomorphen Körpern die Aequivalent- oder Atomvolume in den meisten Fällen gleich gross oder annähernd gleich gross sind. Ja man ist geradezu so weit gegangen, die Isomorphie als Uebereinstimmung in der Grösse des Atomvolums und in der

Krystallgestalt zu definiren, während man „die gleiche Anzahl auf gleiche Weise gruppirter Atome“ bei der Erklärung aus dem Spiele lässt. —

Der Ausdruck Aequivalentvolum unterscheidet sich von Atomvolum ebenso, wie sich Aequivalent von Atom der älteren und neueren Theorie unterscheidet. Bei einigen Stoffen stimmen beide überein; bei Wasserstoff, Stickstoff, Chlor u. s. w. älteren Styls ist das Aequivalentvolum noch einmal so gross, als das Atomvolum, weil jenes der Quotient aus dem Aequivalent durch das specifische Gewicht, dieses der Quotient aus dem (halb so grossen) Atomgewichte durch das specifische Gewicht ist; bei den zweiwerthigen Elementen neueren Styls dagegen ist das Atomvolum noch einmal so gross, als das Aequivalentvolum.

Etwas vom Atomvolum ganz Verschiedenes, demselben geradezu Entgegengesetztes ist die Atomzahl Leop. Gmelin's, welcher damit die Anzahl der Atome verschiedener Körper in einem gleichen Volumen versteht. Man erhält diese Atomzahl, wenn man das specifische Gewicht eines Körpers durch sein Atomgewicht dividirt. — Ein Körper, der ein grosses Atomvolum hat, besitzt eine kleine Atomzahl. Das weiche Kalium hat unter allen festen und tropfbaren einfachen Stoffen das grösste Atomvolum und die kleinste Atomzahl. Ein Körper, der ein kleines Atomvolum hat, besitzt eine grosse Atomzahl: der harte Diamant hat unter allen festen und tropfbaren einfachen Stoffen das kleinste Atomvolum und die grösste Atomzahl.

54. In wie fern gibt die specifische Wärme eines Körpers zuweilen einen Ausschlag zur Bestimmung der Aequivalentzahl?

Man hat gefunden, dass die specifische Wärme (Wärmecapacität) der meisten festen Körper im umgekehrten Verhältnisse steht zu ihrem Atomgewichte oder zu ihrer Aequivalentzahl in der Art, dass, je grösser das Atomgewicht oder die Aequivalentzahl, desto kleiner die specifische Wärme ist. Dieses Verhältniss ist bei vielen Körpern ein so bestimmtes, dass man für dieselben durch Multiplication ihrer specifischen Wärme mit ihrer Aequivalentzahl nahezu übereinstimmende Producte erhält.

Wenn man, um einen Anhaltspunkt zu haben, die Wärmecapacität oder die specifische Wärme des Wassers (d. h. die zur Erhöhung der Temperatur etwa eines Kilogramms Wasser von 0° auf 100° C. nöthige Wärmemenge) = 1 annimmt, so gibt

für	dessen specifische Wärme	theils mit dem chemischen Aequivalent, theils mit dem Atomgewicht	das Product
Brom (im starren Zustande)	0,0843	× 80 : 2 = 40	3,37
Jod	0,0541	× 127 : 2 = 63,5	3,435
Schwefel	0,2026	× 16	3,24
Selen	0,0762	× 39,75	3,025
Phosphor	0,2000	× 31 : 2 = 15,5	3,10
Kohlenstoff (Kohle) . . .	0,2411	× 6	1,445
Arsenik	0,0814	× 75 : 2 = 37,5	3,05
Antimon	0,0508	× 122 : 2 = 61	3,099
Zinn	0,0562	× 59	3,315
Gold	0,0324	× 197 : 2 = 98,5	3,19
Platin	0,0324	× 99	3,21
Iridium	0,0368	× 99	3,64
Palladium	0,0593	× 53,3	3,16
Silber	0,057	× 108 : 2 = 54	3,08
Quecksilber	0,0333	× 100	3,33
Kupfer	0,0952	× 31,7	3,02
Wismuth	0,0308	× 208 : 2 = 104	3,20
Blei	0,0314	× 103,5	3,25
Cadmium	0,0567	× 56	3,175
Kobalt	0,1070	× 29,5	3,155
Nickel	0,1086	× 29,5	3,20
Eisen	0,1138	× 28	3,185
Zink	0,0956	× 32,5	3,105
Aluminium	0,2143	× 13,75	2,945
Natrium	0,2934	× 23 : 2 = 11,5	3,37
Kalium	0,1696	× 39 : 2 = 19,5	3,307

Die Tabelle zeigt, dass fast durchweg (mit Ausnahme des lenstoffs) gleiche Producte hervorgehen, wenn man bei jenen

Körpern, deren Aequivalent nach den Forderungen der älteren Volumtheorie halbirt werden sollte, das halbe Aequivalent, das Atomgewicht, als Factor in Rechnung bringt. Halbirt werden mussten aber, um ähnliche Producte zu erhalten, auch die in der vorliegenden Auflage des Katechismus der allgemein gewordenen Uebung zufolge angenommenen Aequivalentzahlen des Golds und Wismuths, ein Umstand, der gegen die jetzt giltigen Aequivalentzahlen dieser Metalle spricht.

Der Unterschied in den sich näher stehenden Producten der obigen Tabelle erscheint um so unbedeutender, wenn man bedenkt, wie unvollkommen die Methoden sind, vermittelst deren man die specifische Wärme zu bestimmen sucht. Die beste Methode hiezu — zu einem bestimmten Gewicht Wasser gleichviel von diesen Körpern im erwärmten Zustande zu bringen und zu beobachten, um wie viel die Temperatur des Wassers steigt, wenn sich die hineingebrachten Körper um eine gleiche Anzahl von Graden abkühlen — erlaubt keine absolute Genauigkeit, weil die störenden fremden Einflüsse nie ganz beseitigt werden können.

Das thermische Aequivalent eines festen einfachen Körpers ist jene Gewichtsmenge desselben, welche bei der Erwärmung um gleich viele Wärmegrade gleich viel Wärme aufnimmt.

Ausser den angeführten starren und flüssigen Körpern zeigt auch die Vergleichung der permanenten Gase, dass bei ihnen die specifische Wärme sich umgekehrt wie das chemische Aequivalent verhält:

H = 1	mit der spec. Wärme	3,2940	gibt das Product	3,294
N = 14	„ „ „ „	0,2754	„ „ „	3,85
2 O = 16	„ „ „ „	0,2361	„ „ „	3,78

Bei der Berechnung für Sauerstoff kommt man, um das annähernde Product zu erreichen, der Forderung der neueren Volumtheorie entgegen, nach welcher das Sauerstoffatom verdoppelt werden muss.

Es leuchtet ein, dass der Satz „die specifische Wärme steht im umgekehrten Verhältnisse zu den chemischen Aequivalenten“ als Controle für die chemischen Aequivalente benützt werden kann. Nehmen wir das chemische Aequivalent des Wasserstoffs = 1 als das thermische Aequivalent desselben, so verhält sich dieses zu

dem thermischen Aequivalente jedes anderen Stoffes, wie die spec. Wärme dieses anderen Stoffes zur spec. Wärme des Wasserstoffs. Oder wiederum: die Aequivalente der Körper verhalten sich umgekehrt zu einander wie ihre specifischen Wärmen. Das thermische Aequivalent des Schwefels in Beziehung auf das des Wasserstoffs = 1 findet man daher durch die Proportion

Spec. Wärme des **S** Spec. Wärme des **H**

$$0{,}2026 : 3{,}2940 = 1 : x$$

$x = 16{,}26$ = thermisches Aequivalent des Schwefels.

Wenn nun auch das chemische Aequivalent des Schwefels 16,0 auf S. 21 nach dem so eben berechneten thermischen nicht corrigirt werden soll, so stimmen doch beide so nahe mit einander überein, dass man sieht, die Grundsätze, die bei der Aufstellung der Aequivalentzahl des Schwefels, sowie der Schwefelverbindungen geleitet haben, finden auch vom thermischen Aequivalent aus ihre Rechtfertigung. Dehnt man diese Berechnung der thermischen Aequivalente auf alle einfachen Stoffe aus, so findet man meistens Zahlen, welche mit den chemischen Aequivalenten auf S. 21 u. 22 übereinstimmen, halb so grosse Zahlen dagegen nicht nur für jene Körper, deren Aequivalent in den früheren Auflagen in 2 Atome gespalten wurde, für Cl Br J P As Sb Au Bi, sondern auch für Ag Li Na K. Vom Standpunkt des thermischen Aequivalents ist mithin die Spaltung der Aequivalentzahlen jener Körper in 2 Atome gerechtfertigt, die Spaltung dieser aber gefordert. Was diese letzteren Aequivalente (von Ag Li Na und K) anlangt, so wäre eine Halbirung derselben in 2 Atomgewichte auch aus Gründen der Isomorphie gerechtfertigt. Das Schwefelsilber in den Fahlerzen muss dem Kupfersulfür Cu_2S analog betrachtet werden; der krystallisirte Silberkupferglanz von Rudolstadt, welcher aus Schwefelsilber und Cu_2S besteht, ist isomorph mit dem in der Natur vorkommenden Kupferglanze Cu_2S. Gegen die Halbirung des jetzigen Silberäquivalents (S. 22) spricht indessen die Existenz eines Silberoxyduls, welches alsdann aus 4 Atomen Silber und 1 Atom Sauerstoff zusammengesetzt angesehen werden müsste, ein Verhältniss, das jetzt ohne alle Analogie dastünde. Bezüglich der Metalle der lien ist nicht aus den Augen zu verlieren, dass sie nicht iso-

morph sind mit jenen eigentlichen Metalloxyden, die zuverlässig je ein Aequivalent ihrer Bestandtheile enthalten, dass dagegen das Kali isomorph ist mit dem Ammoniumoxyd, von welchem das Kali im Alaun beliebig vertreten werden kann. Das Ammoniumoxyd ist aber nach der Volumtheorie eine Verbindung von 2 Atomen NH_4 ($= \not{N}\not{H}_4$) mit 1 Atom Sauerstoff. Auch würde bei der Annahme von 2 Atomen Metall in den Alkalien die Zusammensetzung der höheren Schwefelungsstufen, sowie der Superoxyde der Alkalimetalle eine begreiflichere und minder ungewöhnliche, und überdies ist man auf eine merkwürdige Isomorphie zwischen mehreren Salzen des Natrons mit den entsprechenden des Silberoxyds gestossen. Es besteht eine gleiche Krystallform zwischen dem unterschwefelsauren Natron mit 2 Aequ. Wasser und dem analog zusammengesetzten unterschwefelsauren Silberoxyd, zwischen dem wasserfreien schwefelsauren Natron und dem schwefelsauren Silberoxyd, zwischen selensaurem Natron und selensaurem Silberoxyd.

Aus diesen Erwägungen, durch welche sich bis jetzt allerdings noch kein Chemiker bestimmen lies, die Aequivalentgewichte des Ag Li Na K in Atomgewichte zu halbiren, geht gleichwohl hervor, dass die specifische Wärme der Körper ein wohl zu beachtendes Kriterium bei Feststellung der Atomgewichte abgibt, wie sie denn auch früher bei Au und Bi in der That berücksichtigt, bei Al aber als Bestätigung willkommen geheissen worden ist.

Neben den in Frage 56 zu behandelnden Rücksichten ist auch die specifische Wärme des Kupfers ein Grund, Kupferoxyd als CuO und nicht als CuO_2 zu betrachten, mithin dem Cu den chemischen Werth von 31,7 und nicht von 63,4 beizulegen.

Man hat keinen Anhaltspunkt, das Atomgewicht des Goldes zu bestimmen; man kennt die procentische Zusammensetzung des Goldoxyds, aber man weiss nicht, ob ihm die Formel AuO oder AuO_3 oder Au_2O_3 zukommt. Das thermische Aequivalent für Gold ist:

Spec. Wärme des **Au**		Spec. Wärme des **H**	
0,0324	:	3,2920	$= 1 : x$
			$x = 101,6$

Dies nähert sich dem früher angenommen Aequivalente des Goldes, welches unter Zugrundelegung der Formel Au_2Cl_3 für Gold-

chlorid berechnet ist aus dem durch Wasserstoffgas reducirten Kaliumgoldchlorid. Die specifische Wärme gibt also hier in Verbindung mit dem Umstand, dass Oxydationsstufen aus 2 Atomen R (Radical) und 3 Atomen Sauerstoff überhaupt häufig vorkommen, einen in neuerer Zeit zu gering angeschlagenen Anhaltspunkt bei Festsetzung der Aequivalentzahl für Au.

Auch bei Bestimmung der Aequivalentzahl für Wismuth liess man ehedem mehr die spec. Wärme als die Isomorphie (S. 127) den Ausschlag geben. Das thermische Aequivalent des Wismuths ist

Spec. Wärme des **Bi** Spec. Wärme des **H**

$$0{,}0308 \quad : \quad 3{,}2940 \quad = 1 : x$$

$$x = 106{,}94,$$

welche Zahl der Hälfte des jetzt auf S. 22 angegebenen chemischen Aequivalents sich nähert. Das jetzt so ziemlich allgemein angenommene chemische Aequivalent ist berechnet unter der Voraussetzung, dass das Wismuthoxyd BiO_3 sei. Würde die Aequivalentzahl aus Bi_2O_3 berechnet, wie dieses in der zweiten und dritten Auflage des Katechismus geschehen, so käme eine Aequivalentzahl heraus, welche mit dem thermischen Aequivalent einfach in Einklang zu bringen wäre.

Wenn aus Gründen der Isomorphie die Alaunerde als Al_2O_3 angenommen werden musste, so wird das aus dieser Formel hervorgehende Atomgewicht des Aluminiums dadurch glänzend bestätigt, dass die Berechnung des thermischen Aequivalents die nahezu gleiche Zahl gibt.

55. In wie fern ist die Analogie mit anderen Körpern maassgebend zur Bestimmung der Aequivalentzahl und des Atomgewichts eines Körpers?

Namentlich dem grossen Chemiker Berzelius leuchteten die analogen Eigenschaften der Oxyde als Leitstern vor, um die Atomgewichte zu bestimmen. Wie schon bei den proportionalen Verbindungen (Frage 32) angedeutet wurde, entspringt aus dieser Berücksichtigung der analogen Eigenschaften der Oxyde der Vortheil, dass die Oxyde, Chloride, Sulfide etc. der verschiedenen einfachen Körper, welche in ihrem Verhalten sich ähneln, auch durch ihre Zusammensetzung in eine Gruppe zusammenkommen.

Schon vor der Entdeckung der Isomorphie wurde Berzelius durch Beachtung der Analogie vor dem Fehler bewahrt, das Atomgewicht des Aluminiums anders festzusetzen, als aus der Formel Al_2O_3 für Alaunerde hervorgeht. Spätere Chemiker wollten (im Vorgange der Verdoppelung der Atomgewichte des Phosphors, Arseniks, Antimons und Wismuths) auch die Aequivalentzahl des Aluminiums verdoppeln, allein es blieb hier beim Versuch, die Analogie der Alaunerde mit Fe_2O_3 und Cr_2O_3 zu ignoriren.

Antimon bildet mit Sauerstoff 3 Oxydationsstufen, deren Sauerstoffmengen sich zu einander verhalten $= 1^1/_2 : 2 : 2^1/_2$. Da $^1/_2$ Atom nicht denkbar ist, so ist das einfachste Verhältniss der Sauerstoffatome in diesen Oxydationsstufen 3, 4 und 5. In den Neutralsalzen der Antimonsäure beträgt der Sauerstoff der Säure das 5fache vom Sauerstoff der Basis. Wegen dieses in Frage 57 und den folgenden näher zu erörternden Verhältnisses zwischen dem Sauerstoff der Säure und dem der Basis muss man annehmen, dass die Antimonsäure 5 Aequ., die antimonige Säure mithin 4 Aequ. und das Antimonoxyd 3 Aequ. Sauerstoff enthalte. Durch zahlreiche Fälle, wie z. B. bei der Unterschwefelsäure, Salpetersäure, Chlorsäure, hat sich überhaupt die Ansicht geltend gemacht, dass in einer Säure mit 5 Atomen Sauerstoff 2 Atome Radical enthalten seien. Da man keine Säure kennt, welche auf 5 Aequ. Sauerstoff 1 Aequ. Radical enthält, so wurden von Berzelius auch in der Antimonsäure 2 Aequ. Radical vorausgesetzt, Antimonsäure ist ihm daher Sb_2O_5, antimonige Säure Sb_2O_4, Antimonoxyd Sb_2O_3.

Dem Vorgange Leop. Gmelin's folgend haben die neueren Chemiker (und auch die vorliegende fünfte und schon die vierte Auflage) die genannten Oxydationsstufen als SbO_3 SbO_4 SbO_5 betrachtet und mussten hieraus die doppelt hohe Zahl gegen früher als Aequivalent des Antimons finden.

Die unterphosphorige Säure, phosphorige Säure und Phosphorsäure enthalten Verhältnisse von Sauerstoff, welche sich durch 1 und 3 und 5 ausdrücken lassen. Dieselben Verhältnisse finden im Stickoxydul, der salpetrigen Säure und Salpetersäure Statt. In den (durch Behandeln der gewöhnlichen Phosphorsäure mit einem kohlensauren Alkali auf nassem Wege erhaltenen) phosphorsauren Salzen beträgt

der Sauerstoff der Säure das $2\frac{1}{2}$fache von dem der fixen Basen, in den phosphorigsauren beträgt der Sauerstoff der Säure das $1\frac{1}{2}$-fache von dem der Basen. Wegen der Untheilbarkeit der Atome und wegen der Analogie in den Verbindungsverhältnissen des Phosphors und Stickstoffs, dessen Aequivalent ihm = N̶ galt, sah sich Berzelius veranlasst, 1 Atom Phosphorsäure durch P_2O_5, 1 Atom phosphorige Säure durch P_2O_3, 1 Atom unterphosphorige Säure durch P_2O zu bezeichnen. Nebenbei gesagt bestehen die Neutralsalze der phosphorigen Säure aus 2 Atomen Basis und 1 Atom Säure. Die Salze der gewöhnlichen Phosphorsäure enthalten jedoch, was erst in Frage 60 genau erörtert werden wird, 3 Atome Basis, wovon 1 oder 2 Atome in Wasser bestehen können; nur unter gewissen Umständen (als Pyrophosphorsäure) enthält sie in ihren Salzen 2 Atome Basis, deren eines in Wasser bestehen kann; unter gewissen anderen Umständen (als Metaphosphorsäure) sogar nur 1 Atom Basis (Frage 60). Jetzt betrachtet man, da der Phosphordampf noch einmal so dicht ist, als man aus dem Berzelius'schen Atomgewichte folgern musste, die Phosphorsäure = PO_5, die phosphorige Säure = PO_3, die unterphosphorige Säure = PO. Hieraus berechnet sich $P = 31{,}0 = P_2$ = P̶ der früheren Auflagen.

Arsen zeigt sich dem Phosphor sehr analog; Arsensäure ist mit der Phosphorsäure in allen entsprechenden Verbindungen isomorph. Der Sauerstoff der arsenigen Säure steht in demselben Verhältnisse zu dem der Arsensäure, wie der Sauerstoff der PO_3 zu dem der PO_5, d. h. wie 3 : 5. Arsenchlorür ist ferner correspondirend mit dem Phosphorchlorür. Man betrachtete wegen dieser Uebereinstimmungen die arsenige Säure sonst als As_2O_3, jetzt sieht man sie als AsO_3 an, die Arsensäure ehedem als As_2O_5, jetzt als AsO_5, wodurch das Aequivalent des As doppelt so hoch sich berechnet, als vordem. Die Correctur von 2 As in As ist, wie bei P, rch die Dampfdichte des Arseniks motivirt. Diese ist doppelt so s, als man nach dem Berzelius'schen Atomgewichte vermuthen Der Sauerstoff der Basis in den arsenigsauren Salzen ist n nur $\frac{1}{3}$ von dem der Säure, in den arsensauren Salzen sich der Sauerstoff der Basis zu dem der Säure = 3 : 5.

Zwischen Arsen und Atimon finden überdies bemerkenswerthe Analogieen Statt. Die arsenige Säure krystallisirt in zwei unter sich durchaus verschiedenen Formen, deren eine (Wöhler's dimorphe arsenige Säure) dem Antimonoxyd isomorph ist. Antimon und Arsen krystallisiren beide in spitzen Rhomboëdern, kommen in ihren Mineralien fast immer gleichzeitig vor und vertreten sich gegenseitig, namentlich in ihren Schwefelverbindungen.

Wenn man nach der in der vorigen Frage angegebenen Weise die thermischen Aequivalente für Antimon, Phosphor und Arsenik berechnet, so erhält man Zahlen, welche doppelt so gross sind, als die jetzt gebräuchlichen chemischen Aequivalente dieser Körper. Von dieser Seite hätte man also keinen Grund gehabt, die früheren hypothetischen Atomgewichte der genannten Körper zu verdoppeln.

Der Wink, welchen die Analogieen der genannten Körper zu einer übereinstimmenden Betrachtungsweise ihrer Verbindungen dem Chemiker geben, wird endlich noch dadurch verstärkt, dass die Verbindungen des Stickstoffs, Phosphors und Arseniks mit Wasserstoff sich sämmtlich wie Basen verhalten und analog zusammengesetzt sind: Ammoniak, Phosphorwasserstoff und Arsenwasserstoff bestehen nämlich, wenn man die nach den oben angegebenen Uebereinstimmungen berechneten Atomgewichte zu Grunde legt, aus 3 Aequ. Wasserstoff und 1 Aequ. Stickstoff, 1 Aequ. Phosphor, 1 Aequ. Arsenik. Hiezu kommt noch, dass man — bei Anwendung der Marsh'schen Methode zur Auffindung von Arsen — auf ein Antimonwasserstoffgas gestossen ist, welches dem Arsenwasserstoff im chemischen Verhalten sehr ähnlich ist und eine entsprechende Zusammensetzung hat.

56. Warum betrachtet man Kupferoxydul und Quecksilberoxydul, obgleich sie die niedrigsten Oxydationsstufen dieser Metalle sind, als Cu_2O und Hg_2O?

Wenn man aus Kupferoxyd- oder Quecksilberoxydsalzen das Kupfer oder Quecksilber durch Eisen ausfällt, so scheiden 28 Thl. Eisen genau 31,7 Thl. Kupfer und 100 Thl. Quecksilber aus. Da man nun alle Gründe hat, 28 das Aequivalent des Eisens zu nennen, so ist klar, dass die durch 28 Thl. Eisen ausgeschiedenen Mengen

von Kupfer oder Quecksilber ächte Aequivalente dieser Körper genannt werden müssen. Hiezu kommt noch der Umstand, dass man vorzugsweise die festesten Verbindungen als aus gleichen Aequivalenten oder Atomgewichten zusammengesetzt betrachtet, Kupferoxyd und Quecksilberoxyd aber weit stabiler und ungleich stärkere Salzbasen sind, als Kupferoxydul und Quecksilberoxydul. Kupferoxydul zerfällt bei Gegenwart von Säuren, Quecksilberoxydul bei Gegenwart von Basen in Metall und Oxyd. Aus diesem Grunde kennt man kaum die Salze des Kupferoxyduls, während die des Quecksilberoxyduls ausgezeichnete Reihen bilden.

Die atomistische Theorie gibt sich nun, da der Sauerstoff in diesen Oxydulen die Hälfte von dem in den Oxyden beträgt, hierüber so Rechenschaft, dass Kupfer- und Quecksilberoxyd aus 1 Atom Metall und 1 Atom Sauerstoff, Kupfer- und Quecksilberoxydul aber aus 2 Atomen des Metalls und 1 Atom Sauerstoff bestehen, welche Zusammensetzung der letzteren die Möglichkeit in sich schliesse, leicht in Oxyd und Metall zu zerfallen.

Die spec. Wärme des Kupfers (Frage 54 Seite 132) spricht gleichfalls dafür, dass die Aequivalentzahl des Cu nach der Formel CuO für Kupferoxyd, nicht aber nach der Formel CuO_2 berechnet werde.

Kupferoxyd ist ferner isomorph mit Eisenoxydul, Magnesia, Zinkoxyd und anderen Oxyden, welche zweifellos aus 1 Aequ. Metall und 1 Aequ. Sauerstoff bestehen.

Unter diesen Voraussetzungen gelangt man aus einer Analyse des Kupferoxyduls oder des Kupferoxyds ebenfalls zu der oben angegebenen Aequivalentzahl des Kupfers.

100 Thl. Cu_2O enthalten 88,796 Kupfer und 11,204 Sauerstoff

1 At. **O**

$$11{,}204 : 88{,}796 = 8 : 2\,x$$

$$2\,x = 2 \text{ Aequ. Cu} = 63{,}4$$

$$x = 1 \text{ Aequ. Cu} = 31{,}7$$

100 Thl. CuO enthalten 79,85 Kupfer und 20,15 Sauerstoff

1 At. **O**

$$20{,}15 : 79{,}85 = 8 : x$$

$$x = 1 \text{ Aequ. Cu} = 31{,}7$$

Auf dieselbe Weise findet man durch Rechnung aus Analysen des Quecksilberoxyduls und Oxyds das Aequivalent des Hg = 100,0. Da das Atomgewicht eines Körpers um so zuverlässiger ist, von je mehr verschiedenen Wegen man zu demselben gelangt, so muss noch erörtert werden, dass das Atomgewicht des Quecksilbers = 100 noch durch eine andere Thatsache wahrscheinlich gemacht wird.

Wenn man die Aequivalentzahl eines Körpers durch sein spec. Gewicht im gasförmigen Zustande dividirt, so erhält man das Aequivalentvolum desselben. Quecksilberdampf hat ein specifisches Gewicht von 6,92, das Aequivalentvolum desselben ist daher $\frac{100}{6,92} = 14,45$; Sauerstoff hat bei einem spec. Gewicht von 1,1056 das Aequivalentvolum $\frac{8}{1,1056} = 7,23$. Das Aequivalentvolum des Quecksilbers bei Zugrundelegung der Aequivalentzahl desselben = 100 verhält sich mithin zu dem des Sauerstoffs = 14,45 : 7,23 = 2 : 1, d. h. im Quecksilberoxyd sind 2 Vol. Quecksilberdampf auf 1 Vol. Sauerstoffgas enthalten. Wenn man dagegen die doppelte Aequivalentzahl für Quecksilber annehmen, d. h. das Quecksilberoxyd als HgO_2 ansehen wollte, so würde für Quecksilber ein doppelt so grosses Aequ.-Volum hervorgehen und das Verhältniss zu dem des Sauerstoffs = 4 : 1 sich stellen. Dieses erschien der älteren Volumtheorie weniger natürlich, als das Verhältniss 2 : 1, und es war dies ein weiterer Grund für sie, die Aequivalentzahl des Hg = 100 zu setzen, ja sie war sogar in Versuchung, dieses Aequivalent in 2 Atome zu spalten und 1 Atom Quecksilber = 50 zu nehmen.

Die neuere Volumtheorie dagegen, welche ein Aequivalentvolum jeder flüchtigen organischen Verbindung von der Raumesgrösse von 4 O = 2 Θ = 32 fordert (Frage 48, e. — 64. 65) und diese Forderung auch auf's Gebiet der anorganischen Chemie ausdehnt, findet eben hierin einen Grund, das Aequivalent und das Atomgewicht des Quecksilbers = 200 zu setzen. Damit stimmt auch das Moleculargewicht (Frage 64) überein, wenn jenes des Wasserstoffs = 2 genommen wird: denn diese Zahl durch das spec. Gewicht des Wasserstoffs dividirt und mit dem spec. Gewicht des Quecksilberdampfes multiplicirt gibt $\frac{2}{0,0692} \times 6,92 = 200$.

Schwefelsaures Kali, kohlensaures Kali, essigsaures Bleioxyd (Bleizucker) und Alaun sind nach diesen Bestimmungen mit gleichem Rechte Neutralsalze, obwohl unter ihnen nur das schwefelsaure Kali nicht auf Pflanzenfarben reagirt, kohlensaures Kali dagegen die Curcuma bräunt, essigsaures Bleioxyd und Alaun aber Lackmus schwach röthen.

Doppelt schwefelsaures, doppelt kohlensaures Kali sind saure Salze, weil in ihnen das Verhältniss des Sauerstoffs der Säure zu dem der Basis das Doppelte von dem Eingangs angegebenen ist. Beide Salze enthalten indessen 1 Aequ. Wasser, dessen Sauerstoff zum Sauerstoff der Säure in demselben Verhältnisse steht, wie der Sauerstoff des Kali's zum Sauerstoff der Säure. Man kann deswegen solche Salze als Doppelsalze betrachten von 1 Aequ. einfach sauren Salzes und 1 Aequ. Säurehydrat, welche Anschauung indessen für die kohlensauren Salze schon darum gesucht ist, weil man ein Kohlensäurehydrat gar nicht kennt.

Es kommt im Handel als Sauerkleesalz häufig ein Salz vor, in welchem sich der Sauerstoff der Säure zu dem der Basis verhält = 12 : 1. Weil dieses Verhältniss das 4fache von dem oben für oxalsaure Salze angegebenen ist, heisst jenes Sauerkleesalz „4fach oxalsaures Kali“. Es ist klar, dass, wenn man von 4 Gewichtstheilen dieses Salzes dreien die Säure entzieht, neutrales oxalsaures Kali entstehen muss. Dies kann durch einfaches Glühen von 3 Gewichtstheilen ausgeführt werden, wobei das oxalsaure Alkali in kohlensaures verwandelt wird. Wird nun auf den Rückstand vom Glühen dreier Gewichtstheile des 4fach sauren Salzes die Auflösung von 1 Gewichtstheile des ungeglühten Salzes gegossen, so entsteht unter Aufbrausen neutrales oxalsaures Kali.

Das anderthalb basische ($^2/_3$ essigsaure) Bleioxyd $3\,PbO,\ 2\,\overline{A}$ enthält um die Hälfte mehr Bleioxyd, als der Bleizucker; mithin in der Basis um die Hälfte mehr Sauerstoff, als das Neutralsalz. $^1/_3$ essigsaures Bleioxyd ($3\,PbO,\ \overline{A}$) enthält gleichviel Sauerstoff in der Basis **und** in der Säure; die gleiche Menge Säure ist also an 3mal so viel Bleioxyd gebunden, wie im Neutralsalze.

Um übersichtlich zu zeigen, wie der Begriff der Neutralität der Salze durch die Lehre der Stöchiometrie auf einen sicheren

Grund gestellt wurde, folgt hier das Schema der Salze einer Säure, deren Neutralsalze in der Säure 3mal so viel Sauerstoff enthalten, als in der Basis:

R = Radical der Basis; S = Radical der Säure.

	Basis mit 1 Aequ. O = R O	Basis mit 3 Aequ. O = R_2O_3
Vierfachsaures Salz . . .	$RO, 4SO_3$	$R_2O_3, 12SO_3$
Dreifachsauer	$RO, 3SO_3$	$R_2O_3, 9SO_3$
Zweifachsauer	$RO, 2SO_3$	$R_2O_3, 6SO_3$
Anderthalbfachsauer . . .	$2RO, 3SO_3$	$2R_2O_3, 9SO_3$
Vierdrittelfachsauer . . .	$3RO, 4SO_3$	$R_2O_3, 4SO_3$
Neutral	RO, SO_3	$R_2O_3, 3SO_3$
Zweidrittelsauer	$3RO, 2SO_3$	$R_2O_3, 2SO_3$
Halbsauer	$2RO, SO_3$	$2R_2O_3, 3SO_3$
Drittelsauer	$3RO, SO_3$	R_2O_3, SO_3
Viertelsauer	$4RO, SO_3$	$4R_2O_3, 3SO_3$
Sechstelsauer	$6RO, SO_3$	$2R_2O_3, SO_3$

Die neuere Chemie, welche (Fr. 61) die Säuren, selbst wenn sie keinen Wasserstoff enthalten, als Wasserstoffverbindungen ansieht und in letzterm Falle das Hydratwasser sich hinzudenkt, und welche ebenso die Basen als Hydroxyde (Hydrate) ansieht, nennt Aequivalente von Säuren und Basen jene Gewichtsmengen, welche gleichviel vertretbaren Wasserstoff enthalten. Wird der Wasserstoff einer Säure durch ein Metall vollständig ersetzt, so entsteht ein Neutralsalz; ist er nur theilweise durch ein Metall ersetzt, so entsteht ein saures Salz; ist der Wasserstoff einer Base nur theilweise durch ein elektronegatives Radical ersetzt, so entsteht ein basisches Salz.

58. Was nannte Berzelius „Sättigungscapacität einer Säure"?

Die Sättigungscapacität einer Säure heisst bei Berzelius die-'enige Menge Sauerstoff, welche in einer unorganischen Basis ent-ᵒn sein muss, um mit 100 Theilen jener Säure ein Neutralsalz zu können.

100 Thl. Schwefelsäure enthalten 60,0 Thl. Sauerstoff; da in neutralen schwefelsauren Salzen der Sauerstoff der Säure das

3fache von dem in der Basis enthaltenen Sauerstoff beträgt, so muss zur Sättigung von 100 Thl. Schwefelsäure diejenige Menge einer Basis angewendet werden, welche $\frac{60}{3} = 20$ Theile Sauerstoff enthält. Diese Zahl 20 heisst nun die Sättigungscapacität der Schwefelsäure.

100 Thl. Salpetersäure enthalten 74,0 Thl. Sauerstoff; da in den salpetersauren Salzen der Sauerstoff der Säure das 5fache vom Sauerstoffe der Basis beträgt, so drückt $\frac{74,0}{5} = 14,8$ die Sättigungscapacität der Salpetersäure aus. Im Salpetersäurehydrat ist, da das Wasser in demselben die Rolle einer Basis vertritt, auf 100 Thl. Säure mithin eine Menge Wasser enthalten, deren Sauerstoff 14,8 Theile beträgt. Der Sauerstoff derjenigen Menge Kali's, welche 100 Thl. wasserfreie Salpetersäure neutralisirt, beträgt 14,8 Thl. u. s. f.

100 Thl. Kohlensäure enthalten 72,727 Thl. Sauerstoff. Berzelius legte ihr daher die Sättigungscapacität von $\frac{72,727}{2} = 36,36$ bei.

Auf ähnliche Weise kann man die Sättigungscapacität jeder Säure durch eine Zahl bezeichnen.

Dass Berzelius unter Sättigungscapacität gerade diejenige Zahl versteht, welche ausdrückt, wie viel Sauerstoff jede Base enthalten müsse, um mit 100 Thl. der nämlichen Säure ein Neutralsalz zu bilden, ist ganz willkürlich.

Wenn irgendwo die Sättigungscapacität einer Säure durch einen Bruch ausgedrückt ist, wenn es z. B. heisst, die Sättigungscapacität der Schwefelsäure sei $^1/_3$, jene der Salpetersäure sei $^1/_5$, so muss dabei in Gedanken ergänzt werden „ihres eigenen Sauerstoffgehaltes“. Ein neutrales schwefelsaures Salz ist mithin dasjenige, dessen Basis den dritten Theil so viel Sauerstoff enthält, als die Säure; ein neutrales kohlensaures Salz jenes, dessen Basis die Hälfte vom Sauerstoff der Säure enthält. Im Wesentlichen ist damit dasselbe gesagt, als wenn Berzelius die Sättigungscapacität dieser Säuren durch die Zahlen 20 und 36,36 bezeichnet wissen will.

Die Sättigungscapacität der Wasserstoffsäuren bezeichnet man mit jener Zahl, welche angibt, wie viel Sauerstoff in der Basis erforderlich ist, um mit dem in 100 Theilen der Wasserstoffsäure enthaltenen Wasserstoff Wasser zu bilden.

59. In welchen Fällen benützt man zur Festsetzung der Aequivalentzahl eines einfachen Körpers dieses durchgreifende Verhältniss zwischen dem Sauerstoff der Säure und dem der Base?

In sehr verschiedenen Fällen, in welchen man den directen Weg zur Erforschung der Aequivalentzahl nicht einschlagen kann.

Auf S. 126 wurde erschöpfend gezeigt, wie man das Aequivalent des Aluminiums aus der Analyse der Alaunerde berechnet; es ist aber unmöglich, die Zerlegung der Alaunerde so auszuführen, dass man durch dieselbe die Aequivalentzahl des Al erführe. Berzelius benützte nun zur Bestimmung dieser Aequivalentzahl den Umstand, dass die schwefelsaure Thonerde im heftigen Glühfeuer alle Schwefelsäure verliert und reine Thonerde hinterlässt. Bei einem derartigen genau angestellten Versuche findet man, dass in der wasserfreien schwefelsauren Thonerde 42,917 Thl. Thonerde auf 100 Thl. Schwefelsäure enthalten sind. Diese 42,917 Thonerde bestehen zufolge der Sättigungscapacität der Schwefelsäure aus 20,0 Sauerstoff und 22,917 Aluminium. Aus diesen indirecten Angaben wurde unter Voraussetzung der auf S. 126 erörterten analogen Zusammensetzung der Thonerde und des Eisenoxyds (dass nämlich, wie Eisenoxyd = Fe_2O_3 sei, so Thonerde als Al_2O_3 betrachtet werden müsse) das Aequivalent durch den Ansatz berechnet:

$$\begin{aligned} & \quad\ \ 3 \text{ At. } O : 2 \text{ Al} \\ 20 : 22{,}917 &= 24 : 2x \\ 2x &= 27{,}5 = 2 \text{ At. (2 Aequ.) Al} \\ x &= 13{,}75 = 1 \text{ At. (1 Aequ.) Al} \end{aligned}$$

Um das Aequivalent des Siliciums zu bestimmen, hat man nicht einen einzigen sicheren Anhaltspunkt, und man findet deshalb in den Lehrbüchern verschiedene Zahlen als dessen Aequivalent angeführt, welche, je nachdem man die Kieselsäure als SiO oder SiO_2 oder SiO_3 betrachtet, um das Doppelte, Anderthalbfache und Dreifache von einander abweichen. Die Sättigungscapacität der Kieselsäure allein schien einen Wink geben zu können, wie man zu verfahren habe. Lange hat man diese als die einzige Verbindung zwischen Silicium und Sauerstoff gekannt, weswegen man geneigt

war, dieselbe als aus gleichen Aequivalenten bestehend anzusehen. Da jedoch eine niedrigere Oxydationsstufe, das Siliciumoxyd, welches halb so viel Sauerstoff enthält als die Kieselsäure, entdeckt worden ist, und durch die Versuche Scheerer's über die Menge der Kohlensäure, welche bei höherer Temperatur aus kohlensauren Alkalien durch Kieselsäure ausgetrieben wird, erwiesen ist, dass die Hauptsilicate des Kali's und Natrons Reihen bilden, in welchen die Sauerstoffmengen des Alkali's sich gegen einander verhalten = 1 : 2 : 3, gegenüber der in der Kieselsäure enthaltenen Sauerstoffmenge = 1 aber betragen $^1/_3$, $^2/_3$, 1; da ferner unter den in der Natur vorkommenden Silicaten diejenigen die häufigeren sind, in welchen der Sauerstoff der Säure das 3fache von dem der Basen beträgt, da namentlich der Feldspath, ein äusserst verbreitetes Mineral, dem wasserfreien Alaun in der Art ganz analog zusammengesetzt ist, dass man seine Formel erhält, wenn man in die Formel des wasserleeren Alauns statt je 16 Thl. (eines Aequivalents) Schwefel 21 Thl. Silicium setzt, so glaubte man Grund zu haben, die Sättigungscapacität der Kieselsäure = $^1/_3$ ihres Sauerstoffgehaltes zu setzen, und sah die Kieselsäure als aus 1 Aequ. oder 1 Atom Si und 3 Aequ. O bestehend = SiO_3 an. Da 100 Thl. des mit SiO_3 correspondirenden Kieselchlorids aus 83,529 Thl. Chlor und 16,471 Silicium bestehen, so setzt man

$$83{,}529 : 16{,}471 = \underset{\text{3 Aequ. Cl}}{106{,}5} : x$$

x = 1 Aequival. Si = 21,0, wenn Kieselchlorid = $SiCl_3$ und mithin Kieselsäure = SiO_3.

Von dieser Ansicht über die Constitution der Kieselsäure sind indessen in neuester Zeit viele angesehene Chemiker abgefallen. Im Epidot, einem verbreiteten Kalk-Thonerdesiliciat, soll ein Theil der Kieselsäure durch Kohlensäure vertreten sein, weswegen man erstere als letzterer analog zusammengesetzt zu betrachten geneigt ist. (Andererseits darf aber nicht verschwiegen werden, dass in den Axiniten ein Theil der Kieselsäure durch Borsäure, welche heute noch als BO_3 gilt, vertreten ist.)

Obwohl zugegeben werden muss, dass die Substitution des Schwefels und Siliciums im wasserfreien Alaun und Feldspath nicht

von einer übereinstimmenden äusseren Gestalt, von Isomorphismus begleitet ist, sondern mehr in Folge einer wissenschaftlichen Laune zur Unterstützung des Gedächtnisses über die Zusammensetzung des Feldspaths angeführt wird, so ist doch nicht zu verkennen, dass in den Feldspathen eben so oft eine Substitution der isomorphen Basen Statt findet, als in den Alaunen. Es hätte daher die Ansicht von Vater Berzelius über SiO_3 vielleicht nicht verlassen werden sollen, ehe stichhaltigere Gründe dazu auffordern, als da sind die Dampfdichte des Kieselchlorids und Kieselfluorids, die Substitution (?) der Kieselsäure durch Kohlensäure im Epidot, der Isomorphismus der Zinnfluormetalle mit den Kieselfluormetallen, die Existenz des Siliciumoxyds und der einfachen Formel SiO für dasselbe, da allen diesen Gründen auch wieder entgegengehalten werden kann, dass bei der Zersetzung von Chlorkiesel durch Schwefelwasserstoff nur $^1/_3$ des Chlors durch Schwefel ersetzt wird. Wenn die Kieselsäure SiO_2 ist, so geht als Aequivalentzahl für das Silicium aus der Zusammensetzung des Kieselchlorids hervor:

$$83{,}529 : 16{,}471 = \underset{\text{2 Aequ. Cl}}{71{,}0} : Si$$

$Si = 14{,}0$, wenn Kieselsäure mit SiO_2 bezeichnet wird.

Das Atomgewicht des Bors wurde ebenfalls durch die Vergleichung des Sauerstoffgehaltes der Boraxsäure mit dem Sauerstoffgehalte der Basis in den ehedem als neutral betrachteten boraxsauren Salzen ausgemittelt. Diese enthalten in der Säure 6mal so viel Sauerstoff, als in der Basis. Man nimmt aber an, dass die Sättigungscapacität der Boraxsäure ebenfalls wie die der Schwefelsäure $= {}^1/_3$ ihres Sauerstoffgehaltes sei, und dass die früher als neutral betrachteten Salze aus 1 Atom Basis und 2 Atomen Säure bestehen. Aus der proc. Zusammensetzung des krystallisirten Borax, namentlich aus seinem Wassergehalte, wurde unter Zugrundelegung von $2\,BO_3$ im Borax das Aequivalent des Bors = 11 gefunden. Die Dampfdichte des Borchlorids und Borfluorids (Fr. 64) sprechen auch für diese Zahl. Die Turmaline aber, Mineralien von wechselnder Zusammensetzung, deren wesentliche nähere Bestandtheile Thonerdesilicat und Manganoxydul-Kalk-Eisenoxydul**borat** sind, enthalten

auch Kohlensäure. Da man nun die Ansicht aufgestellt hat, die Kohlensäure gehe im Turmalin Hand in Hand mit der Boraxsäure, jene vertrete diese, so ist man geneigt, in der Boraxsäure wie in der Kohlensäure 2 Aequ. Sauerstoff anzunehmen, wodurch das Aequivalent des Bors $^2/_3$ von dem so eben angenommenen betragen würde. So lange aber keine wichtigeren und entschiedeneren Gründe vorliegen, sollte man an keine Abänderung gehen, indem zu fürchten ist, dass auf diese Weise zuletzt eine heillose Verwirrung in den Formeln entsteht. Dies wäre namentlich beim Silicium zu beherzigen gewesen; schwache Gründe hätten hier nie zur Aenderung bestimmen sollen, hier, wo ganze Züge von Silicaten andere Formeln erhalten, verschieden von jenen, welche Berzelius aufgestellt hat, der doch am meisten zur chemischen Kenntniss der Silicate beigetragen hat.

60. Was versteht man unter mehrbasischen Säuren?

Mehrbasische Säuren sind solche, welche eine verschieden grosse Anzahl von Aequivalenten chemisch gebundenen Wassers enthalten und dem entsprechend sich mit einer verschiedenen Anzahl von Aequivalenten der Basen verbinden, um Salze zu bilden.

In der Typentheorie gelten als ein-, zwei-, dreibasische Säuren solche, welche ein, zwei, drei Aequivalente — in ihren Salzen durch Metalle ersetzten — Wasserstoff enthalten.

Schon vor längerer Zeit bemerkte man eine Verschiedenheit im chemischen Verhalten und in den physikalischen Eigenschaften der so eben geglühten glasigen und einer längere Zeit hindurch in Berührung mit Wasser gestandenen Phosphorsäure, sowie zwischen der abgedampften, nur bis zu 212° C. erwärmten, syrupdicken und einerseits der bis zum Rothglühen erhitzten, andererseits der schon länger im Wasser gelöst gewesenen Phosphorsäure, ohne dass man sich diese Verschiedenheit erklären konnte. Man gibt jetzt den 3 verschiedenen Zuständen der Phosphorsäure besondere Namen: man nennt die längere Zeit in Berührung mit Wasser gestandene Säure „gewöhnliche Phosphorsäure, ^{c}Phosphorsäure“, die bis zu 212° C. erwärmte „Pyrophosphorsäure, ^{b}Phosphorsäure oder Paraphosphor-

säure“ und eine bis zu starker Rothglühhitze erhitzte „Metaphosphorsäure, ᵃPhosphorsäure“. Clark und Graham haben auf eine eclatante Weise bewiesen, dass diese verschiedenen Zustände der Phosphorsäure von einer verschiedenen Anzahl von Wasseräquivalenten herrühren, welche mit 1 Aequ. Phosphorsäure verbunden sind. Die durch Verbrennen des Phosphors in trockener Luft entstehende weisse, schneeartige Phosphorsäure ist wasserfrei. Wird sie in Wasser gelöst, so nimmt sie anfänglich nur 1 Aequ. Wasser auf und stellt so die Metaphosphorsäure dar, welche erst nach einigen Tagen auf dem Wege der 2 Aequ. Wasser bindenden Pyrophosphorsäure in die gewöhnliche Phosphorsäure mit 3 Aequ. Wassergehalt übergeht.

Man kennt mithin die durch Verbrennen des Phosphors in trockener Luft entstehende

	Dualistische Aequivalent-Formel
α) wasserfreie Säure	$PO_5 = 71$
β) 1stes Hydrat, Metaphosphorsäure . . .	$HO, PO_5 = 80$
γ) 2tes „ , Pyrophosphorsäure . . .	$2\,HO, PO_5 = 89$
δ) 3tes „ , gewöhnl. Phosphorsäure . .	$3\,HO, PO_5 = 98$

	Empiriche Formel nach Atomgewicht
α) Anhydrid	$P_2O_5 = 142$
β) Hydrometaphosphat	$H\,P\,O_3 = 80$
γ) Hydropyrophosphat	$H_4P_2O_7 = 178$
δ) Hydrophosphat	$H_3P\,O_4 = 98$

Wird Metaphosphorsäure mit einer fixen Basis neutralisirt, so erhält man ein metaphosphorsaures Salz, d. h. ein phosphorsaures Salz mit 1 Aequ. fixer Basis. Wird Pyrophosphorsäure mit einer fixen Basis gesättigt, so erhält man ein pyrophosphorsaures Salz, d. h. ein phosphorsaures Salz mit 2 Aequ. fixer Basis; in den sauren -en der Pyrophosphorsäure ist 1 Aequ. der fixen Basis durch -qu. Wasser ersetzt, welches beim Glühen unter Hinterlassung -taphosphorsaurem Salze weggeht. Wird gewöhnl. Phosphor-t einem Alkali gesättigt, so erhält man ein schwach alka-igirendes Salz mit 3 Aequ. Basis, von denen 2 Aequ. in -estehen, das 3te Aequ. aber Wasser ist; beim Glühen des

verwitterten oder anhaltend erwärmten und dadurch vom Krystallwasser befreiten Salzes bleibt unter Weggehen eines Aequivalentes Wasser ein pyrophosphorsaures Salz. Die gewöhnliche Phosphorsäure bildet mit Alkalien auch saure Salze, welche neben 1 Aequ. fixer Basis 2 Aequ. Wasser als Basis enthalten; beim Glühen eines solchen bleibt unter Weggehen zweier Aequivalente Wasser ein metaphosphorsaures Salz. Wird ein Salz der gewöhnlichen Phosphorsäure mit einem Metallsalze gefällt, so erhält man ein phosphorsaures Metalloxyd, welches aus 3 Aequ. fixer Basis und 1 Aequ. Phosphorsäure besteht. Durch Glühen eines metaphosphorsauren Alkali's mit einem weiteren Aequivalent Alkali entsteht ein pyrophosphorsaures Alkali, mit 2 Aequ. oder durch Kochen mit einem Ueberschusse von Alkali ein gewöhnliches phosphorsaures Alkali mit 3 Aequ. fixer Basis.

Die aus den verschiedenen Hydraten der Phosphorsäure hervorgehenden Reihen von Salzen sind, wenn man 1 Aequ. Basis durch RO ausdrückt:

Aus wasserfreier Säure und aus dem

1. Phosphors.Hydr. entstehen metaphosphors. Salze $RO, PO_5 = R\ P\ O_3$
2. „ „ pyrophosphors. „ $2RO, PO_5 \quad R_4 P_2 O_7$
3. „ „ gew. phosphors. „ $3RO, PO_5 = R_3 P\ O_4$

Die empirische Atomgewichtsformel für das Pyrophosphat hat selbstverständlich den 2fachen Werth der dualistischen Aequivalent-Formel; deswegen durfte zwischen beide das Gleichheitszeichen nicht gesetzt werden.

Später fand Liebig durch seine glänzenden Forschungen über die organischen Säuren, dass viele bisher unerklärte Erscheinungen ihres chemischen Verhaltens gleichfalls darin ihren Grund haben, dass sich bei manchen derselben ein Aequivalent unter verschiedenen Umständen mit einer verschiedenen Anzahl von Wasseräquivalenten verbinden könne.

Diesen Forschungen zufolge erklärt man eine 1basische Säure für eine solche, deren Hydrat oder Salze unter allen Umständen aus 1 Aequ. wasserfreier Säure und 1 Aequ. Wasser oder Basis bestehen; eine 2basische Säure für eine solche, deren Hydrat oder Salze auf 1 Aequ. wasserfreier Säure 2 Aequ. Wasser oder Basis enthalten; eine 3basische Säure für eine

solche, deren Hydrat oder Salze auf 1 Aequ. wasserfreier Säure 3 Aequ. Wasser oder Basis enthalten. Die neuere Chemie verlangt den Wortlaut: welche n Atome vertretbaren Wasserstoff enthält, und deren Salze aus dem elektronegativen Radical und n Atomen Metalls etc. bestehen.

Bei weitem die meisten Säuren sind 1basische Säuren, manche von den organischen dürften aber bei genauerem Studium ihrer Salze als mehrbasische sich herausstellen.

Die Bernsteinsäure, Milchsäure, Salicylsäure, Weinsäure, Traubensäure, Aepfelsäure, Knallsäure sind Beispiele für 2bas. Säuren.

Die Phosphorsäure, Arsensäure, Mekonsäure, Citronensäure sind Beispiele für 3basische Säuren.

Es ist S. 125 und S. 138 angeführt worden, dass man für jedes phosphorsaure Salz ein isomorphes arsensaures kennt; nach diesen Erörterungen über die mehrbasischen Säuren kann noch der Beisatz gemacht werden, dass dies der Fall ist für die ganze Reihe ihrer correspondirenden Salze, während die Salze mit verschiedenen Aequivalenten Basis unter sich ganz verschieden gestaltet, heteromorph sind.

Seite 142 im Anfange der Antwort auf Frage 57 wurde der Beisatz „in allen ihren correspondirenden Salzen" blos in Rücksicht auf die mehrbasischen Säuren gemacht.

61. Welchen Einfluss auf die chemischen Symbole hat jene Betrachtungsart der Säuren und Salze, welche die Sauerstoffsäuren analog den Wasserstoffsäuren und die Salze der Sauerstoffsäuren als Verbindungen eines Metalls und eines elektronegativen Radicals ansieht?

Diese von Davy herrührende, von Dulong weiter ausgedehnte, [illegible] Liebig später — vorzugsweise zur Erklärung der Verhältnisse [illegible]basischer Säuren — wieder aufgenommene, in der Typentheorie [illegible]sschliessend benützte Bezeichnungsweise betrachtet die Salze [illegible]erstoffsäuren analog den Verbindungen der Metalle mit Chlor [illegible]h. als Verbindungen der Metalle mit einem hypo-

thetischen elektronegativen Radicale, welches aus der wasserfreien Säure + dem Sauerstoffe der Basis besteht.

Schwefelsaures Kali erhält hienach die Formel KSO_4, salpetersaures Kali die Formel KNO_6.

Die Hydrate der Sauerstoffsäuren werden dann betrachtet als Verbindungen des Wasserstoffs mit einem elektronegativen Radicale, welches besteht aus der wasserfreien Säure + dem Sauerstoff des Wassers.

Schwefelsäurehydrat ist somit HSO_4.

Salpetersäurehydrat HNO_6.

1basische, 2basische, 3basische Säuren sind mithin Verbindungen gewisser elektronegativer Radicale mit 1, 2, 3 Aequ. Wasserstoff, welcher ganz oder theilweise durch Metalle ersetzbar ist.

Das Hydrat der Metaphosphorsäure ist also HPO_6
„ „ „ Pyrophosphorsäure „ „ H_2PO_7
„ „ „ Phosphorsäure „ „ H_3PO_8

Man hat das Radical SO_4 Sulfan, das Radical NO_6 Nitran zu nennen angefangen.

Schwefelsaures Kali = KSO_4 = Kaliumsulfanid
Schwefelsäurehydrat = HSO_4 = Hydriumsulfanid
Salpetersäurehydrat = HNO_6 = Hydriumnitranid u. s. w.*)

*) Eine durchgreifende Benennung dieser Bezeichnungsweise ist noch nicht gefunden. Keine der bisher versuchten Benennungen verläugnet ihre Abstammung aus der dualistischen Anschauung. Einige Neuere rühmen sich, die Worte Sulphat, Carbonat, Phosphat gefunden zu haben und wenden sie verkehrt für SO_4 CO_3 PO_8 an. Diese Namen sind aber nahezu so alt, wie die dualistische Theorie selbst. Alle Sauerstoffsalze sind in den Atomgewichtstabellen Oengren's in dem von Wöhler bearbeiteten Berzelius'schen Lehrbuche der Chemie (1835. 3. Auflage. 5. Band) unter diesen Namen aufgeführt, und schon Pharmacopoea Bavarica vom Jahre 1822 bedient sich ihrer officiell und ausschliessend. Bei Oengren finden wir z. B. 65 Nitrate, 17 Nitrite, 44 Stibiate, 16 Stibiite, 93 Sulphate, 45 Sulphite etc. aufgeführt. Mit diesen Namen in der lateinischen Sprache, sowie in vielen lebenden Sprachen, welche sich ihrer bedienen, ist nirgends etwas Anderes bezeichnet, als salpetersaure und salpetrigsaure, antimonsaure und antimonigsaure, schwefelsaure und schwefligsaure etc. Metalloxyde. Salpetersäure ist Hydronitrat, es kann und darf nicht Hydriumnitrat genannt werden. Für

Die Typentheorie, welche alle Säuren, die saure Salze zu bilden im Stande sind, als mehrbasische betrachten muss, nimmt dagegen sauerstoffärmere Radicale an, indem sie 1 2 3 Aequ. Wasser zu Hilfe zieht, den Wasserstoff desselben, als durch Metalle ersetzbar, unter das Radical hereinsetzt, ebenso viele Aequ. Sauerstoff aus der wasserleeren Säure hinaussetzt und nun von den Typen

$$\left.\begin{matrix} H \\ H \end{matrix}\right\} O_2 \qquad \left.\begin{matrix} H_2 \\ H_2 \end{matrix}\right\} O_4 \qquad \left.\begin{matrix} H_3 \\ H_3 \end{matrix}\right\} O_6$$

ableitet. Die bisher in der anorganischen Chemie giltigen Formeln für jene Säuren, welche auch saure Salze zu bilden im Stande sind, müssen in der Typentheorie verdoppelt werden. Die hypothetischen Radicale, welche für die typischen Formeln zum Ersetzen des typischen Wasserstoffs erfunden werden mussten, haben zum Theil bereits Namen erhalten: man nimmt in der Salpetersäure das 1atomige Radical Nitroyl $N'O_4$, in der Kohlensäure und Schwefelsäure die 2atomigen Radicale Carbonyl $C_2''O_2$ und Sulfuryl $S_2''O_4$, in der 3basischen Phosphorsäure das 3atomige Phosphoryl $P'''O_2$ an.

Die Typologen leiten z. B. ab (Formeln hier nach Aequivalenten im Werth der ersten Colonne auf S. 21):

aus dem Typus $\left.\begin{matrix} H \\ H \end{matrix}\right\} O_2$

$\left.\begin{matrix} N'O_4 \\ H \end{matrix}\right\} O_2$	$\left.\begin{matrix} N'O_4 \\ N'O_4 \end{matrix}\right\} O_2$	$\left.\begin{matrix} N'O_2 \\ H \end{matrix}\right\} O_2$	$S_2''O_4 \} O_2$	$C_2''O_2 \} O_2$
Salpetersäure-hydrat	wasserfreie Salpetersäure	salpetrige Säure	wasserfreie Schwefelsäure	Kohlen-säure

aus dem Typus $\left.\begin{matrix} H_2 \\ H_2 \end{matrix}\right\} O_4$

$\left.\begin{matrix} S_2''O_4 \\ H_2 \end{matrix}\right\} O_4$	$\left.\begin{matrix} C_2''O_2 \\ H_2 \end{matrix}\right\} O_4$
Schwefelsäure-hydrat	Kohlensäure-hydrat !?

---

schwefelsaures **Kali** kann und darf nicht eingeschmuggelt werden schwefel-ures **Kalium**, weil in ihm nicht Schwefelsäure SO_3, sondern Sulfan SO_4 K verbunden ist. Die Namen Hydriumnitranid für HNO_6, Kalium-nid für KSO_4 aber sind zulässig.

aus dem Typus $\left.\begin{matrix}H_3\\H_3\end{matrix}\right\}O_6$ $\left.\begin{matrix}\overset{'''}{P}O_2\\H_3\end{matrix}\right\}O_6$

cPhosphorsäure,
3basische Phosphorsäure.

Die einschlägigen Salze werden aus diesen Formeln dadurch abgeleitet, dass man statt des vertretbaren Wasserstoffs die entsprechende Anzahl von Metalläquivalenten einsetzt.

Ich wiederhole: Nach dieser Theorie sind 1basische organische Säuren solche, die nur 1 Aequ. durch Metalle vertretbaren Wasserstoff enthalten, mehrbasische dagegen solche, welche mehr als 1 Aequ. durch Metalle vertretbaren Wasserstoff enthalten.

Die bisherige Betrachtungsweise der Salze ist die dualistische, ehedem unbestrittene, zunächst in der anorganischen Chemie festgehalten und von dieser auf die organische Chemie übergetragen.

Die neuere Betrachtungsweise könnte man die unitäre nennen, weil sie die Formel in Eine zusammenführt. Sie hat namentlich grossen Werth in der Typentheorie der organischen Chemie, von wo aus man versucht hat, sie auf die anorganische Chemie hinüberzutragen.

Die nach dieser Anschauungsweise für einige der gebräuchlicheren organischen Säuren und Salze sich ergebenden typischen Formeln mögen aus der Aufzählung S. 39—69 ersehen werden.

Um das Auge an diese Formeln — gegenüber den dualistischen — zu gewöhnen, mögen hier einige derselben für anorganische Verbindungen, welche bei der Zusammenstellung der Körper auf S. 39—69 nicht aufgeführt worden sind, folgen, ausgedrückt in den Atomsymbolen und begleitet von den Atomgewichtswerthen:

	Formel: typische	empirische	Atom-gewicht
Alaunerde schwefelsaure, wasserleer	$\left.\begin{matrix}Al_2\\3SO_2\end{matrix}\right\}O_6$	$= Al_2S_3O_{12}$	$= 343{,}0$
Alaun Kali-, kryst.	$\left.\begin{matrix}K_2\\SO_2\end{matrix}\right\}O_2 + \left.\begin{matrix}Al_2\\3(SO_2)\end{matrix}\right\}O_6 + 24\ H_2O =$	$\left.\begin{matrix}Al_2\\K_2\end{matrix}\right\}4\ SO_4 + 24\ H_2O$	$= 949{,}0$

	Formel: typische	empirische	Atom-gewicht
Alaun Ammoniak-, krystallisirt	$\left.\begin{matrix}(NH_4)_2\\SO_2\end{matrix}\right\}O_2 + \left.\begin{matrix}Al_2\\3(SO_2)\end{matrix}\right\}O_6 + 24\ H_2O =$	$\left.\begin{matrix}Al_2\\(NH_4)_2\end{matrix}\right\}4\ SO_4 + 24H_2O =$	907,0
Alaun Kali- Chrom-, krystallisirt	$\left.\begin{matrix}K_2\\SO_2\end{matrix}\right\}O_2 + \left.\begin{matrix}Cr_2\\3(SO_2)\end{matrix}\right\}O_6 + 24\ H_2O =$	$\left.\begin{matrix}Cr_2\\K_2\end{matrix}\right\}4\ SO_4 + 24\ H_2O =$	999,2
Ammoniak 1½ kohlens.	$(NH_4)_4,\ C_3O_8 =$	$(NH_4)_4,\ C_3O_8 =$	236,0
„ 2fach kohlens., Ammoniumhydrocarb.	$\left.\begin{matrix}H(NH_4)\\CO\end{matrix}\right\}O_2 =$	$H(NH_4)CO_3 =$	79,0
„ salpetersaures	$\left.\begin{matrix}NH_4\\NO_2\end{matrix}\right\}O =$	$NH_4NO_3 =$	80,0
„ schwefelsaures . .	$\left.\begin{matrix}(NH_4)_2\\SO_2\end{matrix}\right\}O_2 =$	$(NH_4)_2SO_4 =$	132,0
Ammoniumplatinchlorid . .	$\left.\begin{matrix}(NH_4)_2\\Pt\end{matrix}\right\}Cl_6 =$	$(NH_4)_2PtCl_6 =$	447,0
Antimonsäure	$\left.\begin{matrix}SbO\\SbO\end{matrix}\right\}O_3 =$	$Sb_2O_5 =$	324,0
„ (erstes Hydrat), Metantimonsäure	$\left.\begin{matrix}H\\Sb\end{matrix}\right\}O_3 =$	$HSbO_3 =$	171,0
Antimonhydrosäure (hypothetisch) . .	$\left.\begin{matrix}H_3\\SbO\end{matrix}\right\}O_3 =$	$H_3SbO_4 =$	189,0
Antimonige Säure (Antimonoxyd auf S. 43)	$\left.\begin{matrix}Sb\\Sb\end{matrix}\right\}O_3 =$	$Sb_2O_3 =$	292,0
Antimonige Hydrosäure (hypoth.) müsste auf S. 43 als Antimonoxydhydrat eingereiht werden.	$\left.\begin{matrix}H_3\\Sb\end{matrix}\right\}O_3 =$	$H_3SbO_3 =$	173,0
Baryumhydroxyd	$\left.\begin{matrix}H_2\\Ba\end{matrix}\right\}O_2 =$	$BaH_2O_2 =$	171,0
Baryt kohlensaurer	$\left.\begin{matrix}Ba\\CO\end{matrix}\right\}O_2 =$	$BaCO_3 =$	197,0
„ salpetersaurer	$\left.\begin{matrix}Ba\\(NO_2)_2\end{matrix}\right\}O_2 =$	$BaN_2O_6 =$	261,0

	Formel: typische	empirische	Atom-gewicht
Baryt schwefelsaurer	$\left.\begin{matrix}Ba\\SO_2\end{matrix}\right\}O_2$	$= BaSO_4$	$= 233,0$
Bleioxyd chromsaures	$\left.\begin{matrix}Pb\\CrO_2\end{matrix}\right\}O_2$	$= PbCrO_4$	$= 323,0$
„ salpetersaures	$\left.\begin{matrix}Pb\\(NO_2)_2\end{matrix}\right\}O_2$	$= PbN_2O_6$	$= 331,0$
„ schwefelsaures	$\left.\begin{matrix}Pb\\SO_2\end{matrix}\right\}O_2$	$= PbSO_4$	$= 303,0$
Chlorammonium	$\left.\begin{matrix}NH_4\\Cl\end{matrix}\right\}$	$= NH_4Cl =$	53,5
Eisensesquichlorid, Ferridchlorid	$\left.\begin{matrix}\overset{'''}{Fe_2}\\Cl_6\end{matrix}\right\}$	$= Fe_2Cl_6$	$= 325,0$
Eisenoxydul schwefelsaures, wasserfrei	$\left.\begin{matrix}Fe\\SO_2\end{matrix}\right\}O_2$	$= FeSO_4$	$= 152,0$
Eisenoxyduloxyd	$\left.\begin{matrix}\overset{''}{Fe}\\\overset{'''}{Fe_2}\end{matrix}\right\}O_4$	$= Fe_3O_4!$	$= 232,0$
Kaliumhydroxyd	$\left.\begin{matrix}H\\K\end{matrix}\right\}O$	$= HKO =$	56,0
Kali oxalsaures, doppelt saures	$\left.\begin{matrix}HK\\C_2O_2\end{matrix}\right\}O_2 + H_2O$	$= HKC_2O_4 + H_2O$	$= 146,0$
Kali schwefelsaures	$\left.\begin{matrix}K_2\\SO_2\end{matrix}\right\}O_2$	$= K_2SO_4$	$= 174,0$
„ doppelt schwefelsaures (Kalium-hydrosulfanid)	$\left.\begin{matrix}KH\\SO_2\end{matrix}\right\}O_2$	$= KHSO_4$	$= 136,0$
Kalk, Calciumoxyd	$Ca\}O!$	$= CaO =$	56,0
Kalkhydrat, Calciumhydroxyd	$\left.\begin{matrix}H\\Ca\end{matrix}\right\}O$	$= HCaO =$	74,0
Kalk kohlensaurer	$\left.\begin{matrix}Ca\\CO\end{matrix}\right\}O_2$	$= CaCO_3$	$= 100,0$
„ schwefelsaurer	$\left.\begin{matrix}Ca\\SO_2\end{matrix}\right\}O_2$	$= CaSO_4$	$= 136,0$
Kohlenhydrosäure (hypothetisch) . . .	$\left.\begin{matrix}H_2\\CO\end{matrix}\right\}O_2$	$= H_2CO_3 =$	62,0

	Formel: typische	empirische	Atomgewicht
Magnesiumhydroxyd	$\left.\begin{matrix}H_2\\Mg\end{matrix}\right\}O_2$	$= H_2MgO_2 =$	58,0
Manganoxydul schwefelsaures	$\left.\begin{matrix}Mn\\SO_2\end{matrix}\right\}O_2 + H_2O$	$= MnSO_4 + H_2O =$	277,0
Natriumhydroxyd	$\left.\begin{matrix}H\\Na\end{matrix}\right\}O$	$= HNaO =$	40,0
Natron borsaures, wasserfrei . . .	$\left.\begin{matrix}Na_2\\B_4\end{matrix}\right\}O_7$	$= Na_2B_4O_7$ —	202,0
„ kohlensaures, wasserfrei . . .	$\left.\begin{matrix}Na_2\\CO\end{matrix}\right\}O_2$	$= Na_2CO_3 =$	106,0
„ doppelt kohlensaures . . .	$\left.\begin{matrix}HNa\\CO\end{matrix}\right\}O_2$	$= HNaCO_3 =$	84,0
„ metaphosphorsaures	$\left.\begin{matrix}Na\\PO\end{matrix}\right\}O_2$	$= NaPO_3 =$	102,0
„ pyrophosphorsaures . . .	$\left.\begin{matrix}Na_4\\2(PO)\end{matrix}\right\}O_5$	$= Na_4P_2O_7 =$	266,0
„ phosphorsaures, das officinelle	$\left.\begin{matrix}HNaNa\\PO\end{matrix}\right\}O_3 + 12H_2O =$	$HNa_2PO_4 + 12H_2O =$	358,0
„ salpetersaures	$\left.\begin{matrix}Na\\NO_2\end{matrix}\right\}O$	$= NaNO_3 =$	85,0
„ schwefelsaures, wasserfrei . .	$\left.\begin{matrix}Na_2\\SO_2\end{matrix}\right\}O_2$	$= Na_2SO_4 =$	142,0
Phosphorige Säure.	$\left.\begin{matrix}PO\\PO\end{matrix}\right\}O$	$= P_2O_3 =$	110,0
„ Hydrosäure	$\left.\begin{matrix}H_2\\PHO\end{matrix}\right\}O_2$	$= H_3PO_3 =$	82,0
Phosphorsäure	$\left.\begin{matrix}PO\\PO\end{matrix}\right\}O_3$	$= P_2O_5 =$	142,0
Phosphorhydrosäure	$\left.\begin{matrix}H_3\\PO\end{matrix}\right\}O_3$	$= H_3PO_4 =$	98,0
taphosphorsäure, aPhosphorhydrosäure	$\left.\begin{matrix}H\\PO\end{matrix}\right\}O_2$	$= HPO_3 =$	80,0

	Formel: typische	empirische	Atom-gewicht
Pyrophosphorsäure, bPhosphorhydros.	$\left.\begin{matrix}H_4\\(PO)_2\end{matrix}\right\}O_5$	$= H_4P_2O_7 =$	178,0
Quecksilberoxyd schwefelsaures, . . .	$\left.\begin{matrix}Hg\\SO_2\end{matrix}\right\}O_2$	$= HgSO_4 =$	296,0
" " basisch (Turpethum min.)	$\left.\begin{matrix}Hg\\SO_2\end{matrix}\right\}O_2 + HgO =$	$HgSO_4 + 2HgO =$	728,0
Schwefelammonium, Ammoniumsulfid	$\left.\begin{matrix}NH_4\\NH_4\end{matrix}\right\}S$	$= (NH_4)_2S = N_2H_8S =$	68,0
Schwefelammonium wasserstoffschwefl., Ammoniumhydrosulfid	$\left.\begin{matrix}H\\NH_4\end{matrix}\right\}S$	$= (NH_4)\ HS = NH_5S =$	51,0
Hydroschwefelsäure, Hydriumsulfanid	$\left.\begin{matrix}H_2\\SO_2\end{matrix}\right\}O_2$	$= H_2\ SO_4 =$	98,0
Silberoxyd salpetersaures	$\left.\begin{matrix}Ag\\NO_2\end{matrix}\right\}O$	$= AgNO_3 =$	170,0
Salpetersäure	$\left.\begin{matrix}NO_2\\NO_2\end{matrix}\right\}O$	$= N_2O_5 =$	108,0
Salpeterhydrosäure	$\left.\begin{matrix}H\\NO_2\end{matrix}\right\}O$	$= HNO_3 =$	63,0
Strontiumhydroxyd	$\left.\begin{matrix}H_2\\Sr\end{matrix}\right\}O_2$	$= H_2Sr\,O_2 =$	121,5
Strontian kohlensaurer	$\left.\begin{matrix}Sr\\CO\end{matrix}\right\}O_2$	$= SrCO_3 =$	147,5
" salpetersaurer	$\left.\begin{matrix}Sr\\(NO_2)_2\end{matrix}\right\}O_2$	$= SrN_2O_6 =$	211,5
" schwefelsaurer, ...	$\left.\begin{matrix}Sr\\SO_2\end{matrix}\right\}O_2$	$= SrSO_4 =$	183,5
Wismuthoxyd salpetersaures, kryst.	$\left.\begin{matrix}Bi\\(NO_2)_3\end{matrix}\right\}O_3 + 4^1/_2$*) $(H_2O) =$	$BiN_3O_9 + 4^1/_2\ (H_2O) =$	475,0

*) So verlangt es die Analyse. Um 9 Atomgew. Wasser zu setzen, müsste auch der vordere Theil der Formel verdoppelt werden. Bequemer ist es freilich, wie Manche thun, das unbequeme Krystallwasser zu ignoriren oder, wie Einer am Schreibtisch sich erlaubt, in obige Formel fünf Atomgew. Wasser zu setzen!!

	Formel: typische	empirische	Atom-gewicht
Wismuthoxyd salpeters., basisches	$Bi\left\{\begin{matrix}NO_3\\HO\\HO\end{matrix}\right.$	$= BiH_2NO_5\,!$	$= 304$
Zink kohlensaures (Zinkspath)	$\left.\begin{matrix}Zn\\CO\end{matrix}\right\}O_2$	$= ZnCO_3$	$= 125{,}0$
„ kohlensaures, basisches	$\left.\begin{matrix}Zn\\CO\end{matrix}\right\}O_2 + H_2O + 2\left(\left.\begin{matrix}H_2\\Zn\end{matrix}\right\}O_2\right) = Zn\,CO_3 + 2\,(H_2Zn\;O_2) + H_2O$	$= Zn_3H_6CO_8\,!!$	$= 341{,}0$
„ schwefelsaures, krystallisirtes . .	$\left.\begin{matrix}Zn\\SO_2\end{matrix}\right\}O_2 + 7H_2O =$	$= ZnSO_4 + 7H_2O$	$= 287{,}0$

62. Wodurch unterscheiden sich überhaupt die chemischen Formeln nach der Radicaltheorie von jenen nach der Typentheorie?

Die Radicaltheorie sieht die chemischen Verbindungen als dualistisch zusammengesetzte an, entstanden also aus je 2 Elementen, welche durch Paarung unter sich die zusammengesetzteren Verbindungen bilden.

Die Typentheorie confundirt die chemischen Verbindungen zu unitären, aus welchen einzelne Aequivalente eines Elements, zunächst des Wasserstoffs, herausgehoben und durch die entsprechende Anzahl von Aequivalenten eines anderen Elements oder eines zusammengesetzten Körpers substituirt werden können.

Liegt es offen zu Tag, dass jene das klarste System für die anorganischen Verbindungen bildet, und ist es ebenso unbestritten, dass diese mit Maass und Ziel ihre Zukunft bei den organischen Verbindungen findet, so hat man doch von der einen Seite gesucht, die Typentheorie auch auf das Feld der anorganischen Verbindungen auszudehnen, von der anderen, die Radicaltheorie auch im Bereiche der organischen Chemie consequent und allein beizubehalten.

Obwohl man nun sagen kann, Zink zersetze eine Lösung von salpetersaurem Silberoxyd nach der typischen Aequivalent-Formel

$$\left.\begin{matrix} N'O_4 \\ Ag \end{matrix}\right\} O_2 \text{ und } Zn = \left.\begin{matrix} N'O_4 \\ Zn \end{matrix}\right\} O_2 \text{ und } Ag$$

so ist dies weit gezwungener, als die Formel nach der Radicaltheorie AgO, NO_5 und $Zn = ZnO, NO_5$ und Ag ergibt.

Wenn dagegen durch fortgesetztes Einleiten von Chlor in Aethylchlorür C_4H_5, Cl allmählig der ganze Gehalt an Wasserstoff durch Cl ersetzt wird, und hiebei nach der Radicaltheorie C_4H_5, Cl über C_4H_4, Cl_2 C_4H_3, Cl_3 C_4H_2, Cl_4 C_4H, Cl_5 in C_4Cl_6 übergeht, so geben die Formeln nach der Typentheorie folgendes weit klarere genetische Bild hievon:

$$\left.\begin{matrix} C_4H'_5 \\ Cl \end{matrix}\right\} \quad \left.\begin{matrix} C_4(H'_4Cl) \\ Cl \end{matrix}\right\} \quad \left.\begin{matrix} C_4(H'_3Cl_2) \\ Cl \end{matrix}\right\} \quad \left.\begin{matrix} C_4(H'_2Cl_3) \\ Cl \end{matrix}\right\} \quad \left.\begin{matrix} C_4(H'\,Cl_4) \\ Cl \end{matrix}\right\} \quad \begin{matrix} C_4Cl'_5 \\ Cl \end{matrix}$$

Chloräthyl 1fach- 2fach- 3fach- 4fach 5fach-
gechlortes Chloräthyl.

Bei dem dualistischen Vorgang der Zersetzung des Silbersalzes nach der Radicaltheorie lässt sich das Silbersalz in jedem Stadium vor der vollendeten Zersetzung durch die binären Reagentien Kochsalz oder Salzsäure nachweisen.

Während des unitären Vorgangs der Zersetzung des Chloräthyls durch Chlor lässt sich in den (von der beigemengten Salzsäure befreiten) Producten das unitär gebundene Chlor durch das binäre Silbersalz nicht nachweisen.

Obwohl es auch binär zusammengesetzte Verbindungen mit Chlorgehalt (z. B. die Salze der Chlorsäure) gibt, welche keine Reaction auf Silbersalz machen, so sehen wir dafür einen anderen Grund ein und stellen dieses Verhalten keineswegs etwa der Erscheinung zur Seite, dass reine Aetherschwefelsäure keine Reaction mit Barytsalzen gibt.

Unter allen Umständen sind die anorganischen chemischen Verbindungen so verschieden von den organischen, dass man zu der Annahme von dem Vorwalten verschiedener Gesetze in beiden s lange gezwungen ist, bis fortgeschrittene Forschung zu weiterer Einsicht geführt haben wird. Ist ja **jede** Theorie nur ein Uebergang zur Erkenntniss der wahren Sachlage; die Geschichte der Wissenschaft zeigt aber, dass Theorieen in's Extrem verfolgt oft auf Abwege

geführt haben, und dass jede Irrlehre mit jeder neu auftauchenden Wahrheit den Anspruch auf rückhaltslose Anerkennung theilt.

Als Beispiele des Unterschieds der Formeln je nach der Radicaltheorie und nach der Typentheorie mögen folgende hier dienen (beide in Aequivalentwerth ausgedrückt):

Nach der Radicaltheorie:		Nach der Typentheorie
HO, SO_3	Schwefelsäurehydrat	
$2\,(HO, SO_3)$	. . . .	$= \left.\begin{matrix} \overset{''}{S_2O_4} \\ H_2 \end{matrix}\right\} O_4$
SO_3	Wasserfreie Schwefelsäure	
$2\,(SO_3)$	. . . .	$= \overset{''}{S_2O_4}\} O_2$
SO_2	Schwefelige Säure	
$2\,SO_2$ u. 2 aq	. . . .	$= \left.\begin{matrix} \overset{''}{S_2O_2} \\ H_2 \end{matrix}\right\} O_4$ oder $\left.\begin{matrix} H \\ \overset{''}{S_2O_4} \\ H \end{matrix}\right\} O_2$
S_2O_2	Unterschweflige Säure	
$2\,S_2O_2$ u. 2 aq	. . . .	$= \left.\begin{matrix} H \\ \overset{''}{S_2O_4} \end{matrix}\right\} O_2$ $H\,\} S_2$
KO, SO_3	Schwefelsaures Kali	
$2\,(KO, SO_3)$	. . . .	$= \left.\begin{matrix} \overset{''}{S_2O_4} \\ K_2 \end{matrix}\right\} O_4$
C_4H_5, O	Aether	
$2\,(C_4H_5, O)$	. . . .	$= \left.\begin{matrix} \overset{'}{C_4H_5} \\ \overset{'}{C_4H_5} \end{matrix}\right\} O_2$
$(C_4H_5)O, HO$	Alkohol	$= \left.\begin{matrix} \overset{'}{C_4H_5} \\ H \end{matrix}\right\} O_2$

Aus der Nebeneinanderstellung und Vergleichung der Typenformeln für Aether und Alkohol glaubt man zu begreifen, warum der Aetherdampf dichter ist, als der Alkoholdampf.

$HO, (C_4H_3O_2)O$	Essigsäurehydrat . .	$= \left.\begin{matrix} C_4\overset{'}{H_3}O_2 \\ H \end{matrix}\right\} O_2$
$KO, C_4H_3O_3$	Essigsaures Kali . .	$= \left.\begin{matrix} C_4\overset{'}{H_3}O_2 \\ K \end{matrix}\right\} O_2$
$C_{14}H_5O_2)O$	Benzoësäure	$= \left.\begin{matrix} C_{14}\overset{'}{H_5}O_2 \\ H \end{matrix}\right\} O_2$
O_2, H	Benzoylwasserstoff (Bittermandelöl), Benzoylaldehyd	$= \left.\begin{matrix} C_{14}\overset{'}{H_5}O_2 \\ H \end{matrix}\right\}$

Nach der Radicaltheorie:		Nach der Typentheorie:
CO	Kohlenoxyd	
2 CO	„ doppelt genommen = Carbonyl =	$\left.C_2\overset{''}{O}_2\right\}$
CO_2	Kohlensäure	
$2\,CO_2$ u. 2 aq	„ doppelt genommen u. 2 aq = Carbonyls. =	$\left.\begin{matrix}C_2\overset{''}{O}_2\\H_2\end{matrix}\right\}O_4$
CS_2	Schwefelkohlenstoff	
$2\,CS_2$	„ dopp. gen. = Sulfocarbonylsulfid =	$\left.C_2\overset{''}{S}_2\right\}S_2$
$C_2H_4N_2O_2$	Harnstoff = Carbonylamid =	$\left.\begin{matrix}C_2\overset{''}{O}_2\\H_2\\H_2\end{matrix}\right\}N_2$
HO, C_2NO	Cyansäurehydrat $\left.\begin{matrix}C_2\overset{'}{N}\\H\end{matrix}\right\}O_2$ = Carbimid	$\left.\begin{matrix}C_2\overset{''}{O}_2\\H\end{matrix}\right\}N$

Am meisten Zwang thut die Typentheorie den Salzen organischer Säuren mit Sesquioxyden an. Auch bezüglich der Kohlensäure, welche sie als Anhydrid behandeln muss, und aus der sie unter Zuziehung von aq eine hypothet. Kohlenhydrosäure $H_2CO_3 = \left.\begin{matrix}H_2\\CO\end{matrix}\right\}O_2$ erfindet, sowie bezüglich der basischen Salze zeigt sie bedeutende Schattenseiten.

63. Welchen verschiedenen Ansichten huldigen die Chemiker in Beziehung auf die Schwere eines Atoms Kohlenstoff?

Die an und für sich starre Kohle bildet mit Sauerstoff zwei gasförmige Verbindungen, das Kohlenoxyd und die Kohlensäure, deren Sauerstoffmengen (gegenüber einer gleichen Menge Kohlenstoffs) im Verhältniss von 1 : 2 stehen. Im Kohlenoxyd und in der Kohlensäure ist also der Kohlenstoff als Gas vorhanden.

Man weiss genau, dass die Kohle beim ungehinderten Verbrennen 2 Vol. Sauerstoff ohne Raumesveränderung in 2 Vol. Kohlen-

säure umwandelt. Es entsteht nun die Frage: Sind in diesen 2 Vol. Kohlensäure 2 Vol. Kohlenstoffgas oder nur 1 Vol. Kohlenstoffgas enthalten? Im ersteren Falle, wenn 2 Vol. Sauerstoffgas und 2 Vol. Kohlenstoffgas 2 Vol. Kohlensäuregas bilden, würde eine Verdichtung um die Hälfte Statt gefunden haben. Im zweiten Falle, wenn 2 Vol. Sauerstoffgas und 1 Vol. Kohlenstoffgas 2 Vol. Kohlensäure bilden, hat eine Verdichtung von 3 auf 2, also um $^1/_3$ Statt gefunden. Letzteres ist das Wahrscheinlichere: denn die Erfahrung lehrt (Frage 48), dass, wenn sich 2 Gase zu gleichen Volumen verbinden (NO_2 HCl HBr HJ), keine Condensation eintritt, dass dagegen, wenn sich 2 Vol. des einen Gases mit 1 Vol. des anderen verbinden (HO HS NO NO_4 ClO ClO_4), diese 3 Vol. sich auf 2 zusammenziehen, mithin eine Condensation um $^1/_3$ Statt findet. Aus der Analogie glaubt man sich daher zu dem Schlusse berechtigt, dass in 2 Vol. Kohlensäuregas auf 2 Vol. Sauerstoffgas 1 Vol. Kohlenstoffgas enthalten sei.

Das specifische Gewicht des Kohlenstoffgases nach dieser Voraussetzung erfährt man daher, wenn man von dem doppelten Volum (dem doppelten specifischen Gewicht) der Kohlensäure das doppelte specifische Gewicht des Sauerstoffs abzieht. Das specifische Gewicht der Kohlensäure (Atmosphäre = 1) ist 1,52024, das des Sauerstoffgases 1,10563.

Das doppelte specifische Gewicht der CO_2 ist . . .	3,04048
„ „ „ „ des O „ . . .	2,21126
1 Vol. Kohlenstoffgas wiegt mithin	0,82922

Dieses muss sich so, wie sich das specifische Gewicht des Sauerstoffgases zum Aequivalent des Sauerstoffs verhält, zum Aequivalent des Kohlenstoffs verhalten 1,10563 : 8 = 0,82922 : 6 = dem auf S. 21 zu 6 angezeigten Aequivalente.

Da die Erfahrung lehrt, dass bei der Umwandlung eines Vol. Sauerstoffgas in Kohlenoxydgas 2 Vol. von diesem entstehen (welche beim Verwandeln in Kohlensäure mit einem 2ten Vol. Sauerstoff lediglich 2 Volumina Kohlensäure geben), so ist es klar, dass im [illegible]lenoxydgas keine Verdichtung eingetreten ist, und dass mithin [illegible] desselben aus 1 Vol. Kohlenstoffgas und 1 Vol. Sauerstoffgas [illegible]n. Sein spec. Gewicht muss sich berechnen lassen, wenn

man das halbe spec. Gewicht des Kohlenstoffgases 0,41461
und das halbe spec. Gewicht des Sauerstoffgases 0,55281 addirt,
woraus 0,96742
hervorgeht; durch den Versuch wurde eine nah' übereinstimmende Zahl, nämlich 0,96779 gefunden.

Einige französische Chemiker nehmen dagegen an, 1 Volum Kohlensäure bestehe aus 1 Vol. Kohlenstoffgas und 1 Vol. Sauerstoffgas, welche 2 Vol. sich auf 1 zusammengezogen hätten. Dass in 1 Vol. Kohlensäure 1 Vol. Sauerstoff enthalten ist, ist Thatsache; ob man aber die an 1 Vol. Sauerstoff gebundene Menge Kohlenstoff mit den französischen Chemikern 1 Vol. oder mit den übrigen Chemikern $^1/_2$ Vol. nennen will, steht der Willkür anheim, obwohl man nach dem oben Gesagten kaum zweifeln kann, welcher Ansicht man sich zuzuwenden habe. Wenn der französische Chemiker Dumas 1 Vol. C der übrigen Chemiker 2 Vol. nennt, so muss er auch, da er zugleich der Volumtheorie zugethan ist, 1 Atom C der Anderen 2 Atome nennen. Dumas bezeichnet daher Kohlensäure mit CO und, da der Sauerstoff der Säure in den als neutral betrachteten kohlensauren Salzen das Doppelte von dem der Basis ist, kohlensaures Kali mit KO + 2CO, unsere doppeltkohlensauren Salze als 4fach kohlensaure Salze, Kohlenoxydgas als C_2O, Oxalsäure als C_4O_3 u. s. w.

Der Kohlenstoff ist, wie die chemische Analyse lehrt, in allen organischen Verbindungen enthalten; er ist so recht das „organische Element". Da derselbe nun stets in 2 Aequivalenten oder einem Multiplum dieser Zahl in organischen Verbindungen vorhanden ist, so sind viele neueren Chemiker vielmehr geneigt, nach der der Dumas'schen entgegengesetzten Richtung vorzugehen und das Aequivalent C = 12 = C_2 bisher = Ꞓ, also noch einmal so gross anzunehmen. Da aber auch der Sauerstoff uud der Schwefel in organischen Verbindungen nur in Paaren von Aequivalenten aufzutreten scheinen, so müsste man folgerecht die bisherigen Aequivalentzahlen dieser Stoffe gleichfalls mit 2 multipliciren, eine Forderung, welche die neuere Volumtheorie ohne Bedenken und unverblümt gestellt, die aber noch nicht allgemeinen Eingang gefunden hat. Angesehene Chemiker sträuben sich, der werdenden organischen

Chemie zu Lieb die Grundpfeiler der bis auf einen gewissen Grad abgerundeten anorganischen Chemie in Frage zu stellen.

Es ist nahezu eine Pflichterfüllung gegen den Anfänger, in der Annahme dieser Neuerungen vorsichtig zu sein, da sie ihn in der umsichtigen Anwendung der Formeln irr machen.

64. Wenn die atom. Theorie das Volumen eines Gases oder eines in den Gaszustand versetzbaren Körpers = seinem Atome hält, so **ist das Atomgewicht eines Körpers wohl immer durch das** (auf das spec. Gewicht des Wasserstoffs = 1 bezogene) **spec. Gewicht seines Gases ausgedrückt, und wie verhält sich die Aequivalentzahl und das Molekulargewicht hiezu?**

Ersteres ist allerdings der Fall, und es zeigen sich blos jene Unterschiede, welche zwischen Atomgewicht und Aequivalent bestehen und schon öfters besprochen wurden.

Bei den Gasen liegt die Beziehung zwischen Atomgewicht und specifischem Gewicht offen zu Tag, da man ihre specifischen Gewichte nur mit dem spec. Gewichte des Wasserstoffs = 0,0692 zu dividiren hat, um ihre chemischen Aequivalente bezogen auf H = 1 zu erhalten:

	Specifisches Gewicht wenn atm. Luft = 1		Specifisches Gewicht wenn d. sp. Gew. d. Wasserstoffs = 1	Chemisches Aequivalent H = 1	Aequival.-Volum
Sauerstoff. . .	1,1056	:	0,0692 = 16	8	$\frac{8}{16} = \frac{1}{2}$
Chlor	2,458	:	0,0692 = 35,5	35,5	$\frac{35,5}{35,5} = 1$
Stickstoff . . .	0,9713	:	0,0692 = 14	14	$\frac{14}{14} = 1$
Wasserstoff . .	0,0692	:	0,0692 = 1	1	$\frac{1}{1} = 1$

Würde man sich entschliessen, bei der Bestimmung der spec. Gewichte der Gase jenes des Wasserstoffs zu Grunde zu legen und = 1 zu setzen, so wären die spec. Gewichte der übrigen Gase = ihren Atomgewichten (oder ihren Aequivalentzahlen oder einem Multiplum derselben mit einer einfachen Zahl). Das Gewicht eines Liters oder Kubikdecimeters Wasserstoffgas beim Gefrierpunkt des Wassers bei 760 Mm. Barometerhöhe ist 0,0896 Gramm = 1 Krith

(von κριθή Gerstenkorn, kleines Gewicht, ebenso wie s. Z. Gran aus granum abgeleitet). Es kann als Einheit bei Bestimmung der Volumgewichte der Gase dienen. Setzt man 1 Krith Wasserstoffgas als Einheit (= 1 Atom) und bezieht darauf die spec. Gewichte der Gase, so fallen diese mit den Atomgewichten zusammen.

Weniger in die Augen springt diese nahe Beziehung bei den Dämpfen fester Körper, welchen in der Nähe des Verdichtungspunktes gleichsam noch etwas von der trägen Natur des festen oder flüssigen Zustandes anhaftet. Diese gehorchen erst bei hoch gesteigerter Temperatur dem Mariotte'schen Gesetze, sie erscheinen als wahre Gase und richten sich nach deren Gesetzen erst in Temperaturen, welche von den Verdichtungspunkten weitab liegen. Betrachten wir z. B. den Schwefel. Er schmilzt bei 112° C., siedet bei 440° C. und bildet (in geschlossenen Gefässen) braungelbe Dämpfe, welche ein spec. Gewicht von 6,654 haben. Dieses bleibt aber nicht constant, sondern vermindert sich bei steigender Temperatur fort und fort bis zu 860° C., bei welchem Hitzegrad das Schwefelgas ein spec. Gewicht von 2,214 hat, wobei es nun auch bei höher (bis zu 1040°C.) gesteigerter Temperatur stehen bleibt.

Es handelt sich also darum, die Dämpfe der überhaupt in den Gaszustand versetzbaren Körper bei einer gehörig hohen Temperatur zu wägen, um zu erkennen, dass die specifischen Gewichte aller gasförmigen Körper in der einfachsten Beziehung zu ihrem Atom- und Aequivalentgewichte stehen. Beispielsweise haben:

	ein spec. Gewicht wenn das spec. Gew. d. Luft = 1	Wasserst. = 1	Chem. Aequiv.	Aequ.-Volum
Brom	5,585	80	80	1
Jod	8,784	127	127	1
Schwefel	2,214	32	16	1/2
Phosphor	4,288	62	31	1/2
Arsenik	10,37	150	75	1/2
Quecksilber	6,92	100	100	1
Chlorwasserstoff . . .	1,262	18,25	36,5	2
Schwefelwasserstoff .	1,177	17	17	1
Stickstoffoxydul . . .	1,524	22	22	1

	ein spec. Gewicht wenn das Luft = 1	spec. Gew. d. Wasserst. = 1	Chem. Aequiv.	Aequ.-Volum
Stickstoffoxyd	1,039	15	30	2
Untersalpetersäure . .	1,591	23	46	2
Kohlensäure	1,529	22	22	1
Wasser	0,623	9	9	1
Chlorsilicium.	5,88	85	85	1
Chlorzirkonium . . .	8,01	115,8	115,8	1
Chlorbor.	4,068	58,75	117,5	2
Phosphorchlorür . . .	4,757	68,75	137,5	2
Ammoniak	0,5884	8,5	17	2

Dividirt man das Aequivalentgewicht jedes dieser Körper durch das auf Wasserstoff = 1 bezogene spec. Gewicht desselben im Gaszustand, wie so eben in der hintersten Reihe geschehen, so findet man die Anzahl der von dem Aequivalentgewichte gebildeten Volumeinheiten oder das Aequivalentvolum.

Es ist mithin das Aequivalentvolum des Sauerstoffs, Schwefels, Phosphors und Arseniks halb so gross, als das des Chlors, Broms, Jods, Stickstoffs, Wasserstoffs, Quecksilbers, Schwefelwasserstoffs, Stickstoffoxyduls, der Kohlensäure, des Wassers, Chlorsiliciums, Chlorzirkoniums, und 1/4 so gross, wie das des Chlorwasserstoffs, Stickstoffoxyds, der Untersalpetersäure, des Chlorbors, Phosphorchlorürs, Ammoniaks.

Setzen wir das Aequivalentvolum des O S P As = 1, so ist jenes des Cl Br J N H Hg HS NO CO_2 HO $SiCl_2$ $ZrCl_2$ = 2, jenes von HCl NO_2 NO_4 BCl_3 PCl_3 und NH_3 = 4.

Ein Vol. Sauerstoff vereinigt sich mit zwei Vol. Wasserstoff zu Wassergas, zwei Vol. Wasserstoff mit zwei Vol. Chlor zu Salzsäuregas.

Ein Vol. Sauerstoff ist = dem chemischen Aequivalent = 8. Zwei Vol. Wasserstoff sind gleich dem chemischen Aequivalent = 1; [illegible]ei Vol. Chlor = dem chemischen Aequivalent 35,5.

Die ältere Volumtheorie spaltete das Aequivalent des H = 1 [illegible] Atome = je 0,5, ebenso folgerecht Cl in 2 Atome = je 17,75,

wie alle anderen Elemente, welche ein gleich grosses Aequ.-Volum haben. Ihr zu Lieb war in den früheren Auflagen des Katechismus 1 Aequ. H Cl Br J Fl N als Doppelatom H̶ C̶l B̶r I̶ F̶l N̶ bezeichnet.

Die neuere Volumtheorie stellt ihre Forderungen nach der anderen Seite hin. Ihr ist 1 Vol. Wasserstoff = 1; 2 Vol. Wasserstoff = 2. Diese verbinden sich mit 1 Vol. des 16 mal specifisch schwereren Sauerstoffs, also mit 16 Gewichtstheilen Sauerstoff zu Wasser, mit dem 35½fachen, also mit 71 Gewichtstheilen Chlor zu Salzsäuregas. Dieser neueren Volumtheorie zu Lieb müssen die Atomgewichte des O S verdoppelt und als O̶ = 16, als S̶ = 32 in Anspruch genommen werden.

Die neuere Volumtheorie stellt als ersten Lehrsatz auf: Aequivalente Mengen flüchtiger organischer Verbindungen erfüllen gleiche Räume. Der Raum, welchen 1 Aequivalent nach den Typenformeln einnimmt, beträgt durchweg das Vierfache des von einem = 8 angenommenen chemischen Aequivalente O erfüllten Raumes. Das Aequivalentvolum jeder flüchtigen organischen Verbindung ist gleich gross und beträgt 4 Volumina.

Weil z. B. der Aether nach der Formel C_4H_5O im Gaszustand blos 2 Vol. einnimmt, gibt ihm die neuere Volumtheorie die verdoppelte Formel $\left.\begin{matrix} C_4H_5' \\ C_4H_5' \end{matrix}\right\} O_2$ und deutet die Rolle, welche sie der Grösse der Aequivalentgewichte gibt, schon äusserlich dadurch an, dass sie Doppelatome setzt: $\left.\begin{matrix} C\!\!\!-_2H_5' \\ C\!\!\!-_2H_5' \end{matrix}\right\} \Theta$. — Dem Alkohol, in dessen einfacher Formel nur Paare von Aequivalenten seiner Bestandtheile vorkommen, lässt die neuere Volumtheorie seine einfache Formel $\left.\begin{matrix} C\!\!\!-_2H_5' \\ H \end{matrix}\right\} \Theta$, weil seine Dampfdichte 4 Vol. entspricht.

Es wird hier wiederholt, dass die neuere Volumtheorie zwischen Atom und Molekül unterscheidet:

Atom ist die kleinste, chemisch untheilbare Menge eines Elements, welche sich bei einer chemischen Verbindung betheiligt, welche also in Verbindungen existiren kann. Molekül dagegen ist die geringste Gewichtsmenge eines Elements oder einer Verbindung, welche im freien Zustande existiren kann. H = 1 Aequ. = 2 Vol. = 2 Atomen oder Ħ der alten Volumtheorie heisst nach der neuen Theorie ein Atom, weil es die kleinste Menge von Wasserstoff bezeichnet, welche in einer Verbindung vorkommen kann.

HH = 2 Aequ. H = 2 H = 4 Vol. = 4 At. oder 2 Ħ der alten Theorie heisst ein Molekül oder die kleinste Menge Wasserstoff, welche im freien Zustande existiren kann. Da nun die neue Volumtheorie gleichfalls vom Volum des Wasserstoffs als Einheit ausgeht, und 2 Gewichtstheile Wasserstoff sich mit 16 Gewichtstheilen Sauerstoff, mit 32 Gewichtstheilen Schwefel, 1 Gewichtstheil Wasserstoff mit 35,5 Gewichtstheilen Chlor, 3 × 1 Gewichtstheil Wasserstoff mit 14 Gewichtstheilen Stickstoff sich verbinden, 1 Gewichtstheil Wasserstoff und 35,5 Gewichtstheile Chlor aber keineswegs die geringsten Gewichtsmengen in ihren Verbindungen sind, da ein Molekül = 18,25 Salzsäuregas nur 0,5 Wasserstoff und 17,75 Chlor enthält, ½ Atom aber etwas undenkbares ist, so ergeben sich folgende

Atomgewichte	und	Molekulargewichte
für H = 1		HH = 2
O = 16		OO = 32
S = 32		SS = 64
N = 14		NN = 28

u. s. w

Um Missverständnissen vorzubeugen, muss wiederholt betont werden, dass alle Zahlenwerthe, die man Atomgewichten, chemischen Aequivalenten, Molekulargewichten beilegt, blos einen relativen Werth haben. Die alte Volumtheorie halbirte die Aequivalentzahlen des Wasserstoffs, Chlors, Broms, Jods, Fluors, Stickstoffs und nannte die halben Aequivalentzahlen ihre Atomgewichte. Die neue Volumtheorie nennt die Aequivalentgewichte dieser Elemente ihre Atomgewichte und verdoppelt die Aequivalentgewichte des Sauerstoffs, Schwefels, Selens, Tellurs, Magnesiums, Calciums, Blei's, Eisens, Zinks

etc., um ihre Atomgewichte zu erhalten. Um noch einmal zum Schluss auf den Wasserstoff zurückzukommen, so ist

H als Atomgewicht der alten Volumtheorie = 0,5
H als chemisches Aequivalent . . . . = 1,0
H als Atomgewicht der neuen Volumtheorie = 1,0
H als Molekulargewicht . . . . = 2

vom Standpunkte des chemischen Aequivalents, wenn Wasser = H O = 9.

Soll H schlechthin nicht etwa nur eine Abkürzung für den Namen Wasserstoff sein, so hat dieses H, Dank den Theorieen, ungefähr so viel Werth, als das Wort Thaler ohne Angabe des Münzfusses, welchen man im Auge hat. Jene Chemiker, welche seit Decennien zur Bezeichnung des chemischen Aequivalents des Wasserstoffs H = 1 (Wasser = H O oder Ħ O = 9) setzen, können aber billigerweise fordern, dass die neuere Volumtheorie v H H^{v} und m H oder $\overset{\prime}{H}$ $\overset{\prime}{H}\overset{\prime}{H}$ $\overset{\prime\prime}{\text{Ɵ}}$ $\overset{\prime\prime}{\text{S̶}}$ $\overset{\prime\prime\prime}{N}$ $\overset{\prime\prime\prime\prime}{C}$ u. s. w. schreibe, wenn sie im Interesse ihrer Theorieen etwas anderes bezeichnen will, als jenes chemische Aequivalent, welches seit langer Zeit als solches gegolten hat und allen bisherigen Formeln, Berechnungen, Analysen u. s. w. der verdientesten Meister und Förderer der Chemie zu Grund gelegt ist.

65. Welches sind die specifischen Gewichte der wichtigsten Gase und Dämpfe oder als solche gedachten (starren) Körper, welches ist ihr Aequivalentvolum, ihr Atomvolum nach Berzelius, endlich ihre Formel nach der neueren Volumtheorie?

Von einfachen Stoffen sind bis jetzt im gasförmigen Zustande gewogen worden: Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Chlor, Brom, Jod, Schwefel, Selen, Tellur, Phosphor, Arsenik, Quecksilber, Cadmium und Zink. Das spec. Gewicht eines Volums der Gase von Fluor, Bor, Kohlenstoff, Silicium und Antimon hat man auf indirecte Weise, wie dies für Kohlenstoff in der 63sten Frage gezeigt worden ist, aus ihren gasförmigen Verbindungen mit anderen Körpern festzusetzen gesucht.

Namen der Gase und Dämpfe oder der als solche gedachten Körper	Deren chemisches Symbol nach S. 21 u. 22 und S. 39—69	Deren Aequivalentzahl nach S. 21 u. 22 und S. 39—69	Spec. Gewicht bezogen auf atmosph. Luft = 1	Quotient aus beiden letzteren, 7,23 = 1 14,46 = 2 28,92 = 4 Aequ. Volumen	Anzahl der Volume auf 1 chem. Aequ. i. Sinne von S. 21 u. 22 und S. 39—69	Anzahl der Volume auf 1 Atom nach Berzelius i. Jahre 1834	4 Volume erheischen somit nach der neueren Volumtheorie die Aequivalent- Formel:	Atomgewichts- Formel:
Wasserstoff	H	1,0 :	0,0692	= 14,45	2	1	2 H	= 2,0 = 2 H
Sauerstoff	O	8,0 :	1,1056	= 7,23	1	1	4 O	= 32,0 = 2 Θ
Fluor	Fl	19,0 :	1,314	= 14,46	2	1	2 Fl	= 38,0 = 2 Fl
Chlor	Cl	35,5 :	2,455	= 14,46	2	1	2 Cl	= 71,0 = 2 Cl
Brom	Br	80,0 :	5,535	= 14,46	2	1	2 Br	= 160,0 = 2 Br
Jod	J	127,0 :	8,784	= 14,46	2	1	2 J	= 254,0 = 2 J
Schwefeldampf b. 440° C.	S	16,0 :	6,633	= 2,41	1/3	1/3		
Schwefelgas jens. 860° C.	S	16,0 :	2,214	= 7,23	1	1	4 S	= 64,0 = 2 S
Phosphor	P	31,0 :	4,288	= 7,23	1	2	4 P	= 124,0 = 4 P
Stickstoff	N	14,0 :	0,9713	= 14,46	2	1	2 N	= 28,0 = 2 N
Kohlenstoff (hypoth.) . .	C	6,0 :	0,8292	= 7,23	1	1	4 C	= 24,0 = 2 C
Bor (hypothetisch) . . .	B	11,0 :	1,52	= 7,23	1	1	4 B	= 44,0 = 2 B
Silicium (hypothetisch) .	Si	14,0 :	1,93	= 7,23	1	1 1/3	4 Si	= 56,0 = 2 Si

Arsenik	As	75,0 : 10,37 = 7,23	1	2	4 As = 300,0 = 4 As
Quecksilber	Hg	100,0 : 6,92 = 14,45	2	2	2 Hg = 200,0 = Hg
Cyan	C_2N	26,0 : 1,797 = 14,46	2	1	C_4N_2 = 52,0 = C_2N_2
Cyanwasserstoff	H, C_2N	27,0 : 0,934 = 28,92	4	2	$\left.\begin{matrix}C_2'N\\H\end{matrix}\right\}$ = 27,0 = $\left.\begin{matrix}C'N\\H\end{matrix}\right\}$
Fluorwasserstoff	H Fl	20,0 : 0,69 = 28,92	4	2	H Fl = 20,0 = H Fl
Chlorwasserstoff.	H Cl	36,5 : 1,262 = 28,92	4	2	H Cl = 36,5 = H Cl
Bromwasserstoff	H Br	81,0 : 2,8 = 28,92	4	2	H Br = 81,0 = H Br
Jodwasserstoff	H J	128,0 : 4,42 = 28,92	4	2	H J = 128,0 = H J
Schwefelwasserstoff . . .	H S	17,0 : 1,177 = 14,45	2	2	2 H S = 34,0 = H_2S
Stickstoffoxydul	N O	22,0 : 1,524 = 14,44	2	2	2 N O = 44,0 = N_2O
Stickstoffoxyd	N O_2	30,0 : 1,039 = 28,92	4	4	N O_2 = 30,0 = NO
Kohlenoxyd	C O	14,0 : 0,9674 = 14,47	2	2	2 C O = 28,0 = CO
Kohlensäure	C O_2	22,0 : 1,529 = 14,46	2	2	2 CO_2 = 44,0 = CO_2
Chlorkohlenoxyd	C O Cl	49,5 : 3,424 = 14,46	2	2	$\left.\begin{matrix}C_2''O_2\\Cl_2\end{matrix}\right\}$ = 99,0 = $\left.\begin{matrix}C''O\\Cl_2\end{matrix}\right\}$
Quecksilberchlorür . . .	Hg_2Cl	235,5 : 8,15 = 28,90	4	4	Hg_2Cl = 235,5 = Hg Cl
Quecksilberchlorid . . .	Hg Cl	135,5 : 9,38 = 14,45	2	2	2 Hg Cl = 271,0 = Hg Cl_2
Schwefelkohlenstoff . . .	CS_2	38,0 : 2,627 = 14,46	2	2	2 CS_2 = 76,0 = CS_2
Sumpfluft	C_2H_4	16,0 : 0,5344 = 28,88	4	4	C_2H_4 = 16,0 = CH_4
Oelbildendes Gas	C_4H_4	28,0 : 0,97 = 28,86	4	4	C_4H_4 = 28,0 = C_2H_4

Namen der Gase und Dämpfe	Deren chemisches Symbol nach S. 21 u. 22 und S. 39—69	Deren Aequivalentzahl	Spec. Gewicht bezogen auf atmosph. Luft = 1	Quotient aus beiden letzteren, 7,23 = 1, 14,46 = 2, 28,92 = 4 Aequ. Volumen	Anzahl der Volume auf 1 chem. Aequ. i. Sinne von S. 21 u. 22 und S. 39—69	Anzahl der Volume auf 1 Atom nach Berzelius i. Jahre 1834	4 Volume erheischen somit nach der neueren Volumtheorie die Aequivalent- Atomgewichts- Formel:
Schweflige Säure	SO_2	32,0 :	2,213	= 14,46	2	2	$2SO_2$ = 64,0 = SO_2
Schwefelsäure-Anhydrid	SO_3	40,0 :	2,766	= 14,46	2	2	$2SO_3$ = 80,0 = SO_3
Ammoniak	NH_3	17,0 :	0,588	= 28,91	4	2	NH_3 = 17,0 = NH_3
Phosphorwasserstoff . . .	PH_3	34,0 :	1,176	= 28,91	4	2	PH_3 = 34,0 = PH_3
Antimonwasserstoff . . .	SbH_3	125,0 :	4,322	= 28,92	4	2	SbH_3 = 125,0 = SbH_3
Arsenwasserstoff	AsH_3	78,0 :	2,69	= 28,91	4	2	AsH_3 = 78,0 = AsH_3
Wasser	HO	9,0 :	0,622	= 14,46	2	2	$2HO$ = 18,0 = H_2O
Kieselchlorid	$SiCl_2$	85,0 :	5,878	= 14,46	2	3	$2SiCl_2$ = 170,0 = $SiCl_4$
Kieselfluorid	$SiFl_2$	52,0 :	3,595	= 14,46	2	3	$2SiFl_2$ = 104,0 = $SiFl_4$
Zirkoniumchlorid	$ZrCl_2$	115,8 :	8,008	= 14,46	2	3	$2ZrCl_2$ = 231,6 = Zr_2Cl_4
Borchlorid	BCl_3	117,5 :	4,063	= 28,92	4	4	BCl_3 = 117,5 = BCl_3
Borfluorid	BFl_3	68,0 :	2,351	= 28,92	4	4	BFl_3 = 68,0 = BFl_3
Phosphorchlorür	PCl_3	137,5 :	4,757	= 28,90	4	2	PCl_3 = 137,5 = PCl_3

Aether, Aethyläther . .	C_4H_5O	37,0 : 2,56	= 14,46	2	2	$\left.\begin{matrix}C_4H_5'\\C_4H_5'\end{matrix}\right\}O_2 = 74,0 = \left.\begin{matrix}Ȼ_2H_5''\\Ȼ_2H_5''\end{matrix}\right\}\Theta$
Alkohol, Aethylalkohol .	C_4H_5O, HO	46,0 : 1,59	= 28,92	4	4	$\left.\begin{matrix}C_4H_5'\\H\end{matrix}\right\}O_2 = 46,0 = \left.\begin{matrix}Ȼ_2H_5'\\H\end{matrix}\right\}\Theta$
Essigsäure wasserfrei .	$C_4H_3O_3$	51,0 : 3,526	= 14,46	2	2	$\left.\begin{matrix}C_4H_3'O_2\\C_4H_3'O_2\end{matrix}\right\}O_2 = 102,0 = \left.\begin{matrix}Ȼ_2H_3'\Theta\\Ȼ_2H_3'\Theta\end{matrix}\right\}\Theta$
Methyläther	C_2H_3O	23,0 : 1,59	= 14,46	2	2	$\left.\begin{matrix}C_2H_3'\\C_2H_3'\end{matrix}\right\}O_2 = 46,0 = \left.\begin{matrix}ȻH_3'\\ȻH_3'\end{matrix}\right\}\Theta$
Methylalkohol	C_2H_3O, HO	32,0 : 1,107	= 28,92	4	4	$\left.\begin{matrix}C_2H_3'\\H\end{matrix}\right\}O_2 = 32,0 = \left.\begin{matrix}ȻH_3'\\H\end{matrix}\right\}\Theta$
Chloroform	$C_2H\,Cl_3$	119,5 : 4,132	= 28,92	4	4	$\left.\begin{matrix}C_2H'Cl_2\\Cl\end{matrix}\right\} = 119,5 = \left.\begin{matrix}ȻH'Cl_2\\Cl\end{matrix}\right\}$
Amyläther	$C_{10}H_{11}O$	79,0 : 5,463	= 14,46	2	2	$\left.\begin{matrix}C_{10}H_{11}'\\C_{10}H_{11}'\end{matrix}\right\}O_2 = 158,0 = \left.\begin{matrix}Ȼ_5H_{11}'\\Ȼ_5H_{11}'\end{matrix}\right\}\Theta$
Amylalkohol, Fuselöl . .	$C_{10}H_{11}O, HO$	88,0 : 3,043	= 28,92	4	4	$\left.\begin{matrix}C_{10}H_{11}'\\H\end{matrix}\right\}O_2 = 88,0 = \left.\begin{matrix}Ȼ_5H_{11}'\\H\end{matrix}\right\}\Theta$

66. Welchen Nutzen gewährt die genaue Kenntniss des specifischen Gewichts der gasförmigen Körper?

Aus der Kenntniss der specifischen Gewichte lassen sich die Verbindungsverhältnisse gasförmiger Körper erkennen, die durch Analysen gefundenen Resultate genau prüfen und die Aequivalentzahlen controliren.

Auf S. 116 und wiederholt an anderen Orten wurde angeführt, dass 2 Vol. Salzsäure aus 1 Vol. Chlor und 1 Vol. Wasserstoff bestehen. Ist dies wirklich der Fall, so muss das specifische Gewicht zweier Vol. Salzsäuregas gleich sein der Summe der specifischen Gewichte eines Vol. Chlor . . 2,455
und eines Vol. Wasserstoffs 0,0692

also = 2,5242, 1 Vol. Salzsäuregas mithin wägen 1,262. Das spec. Gewicht des Salzsäuregases beträgt nach den Versuchen von Biot und Arago 1,2474, welche Zahl wenig von der so eben berechneten abweicht; die geringe Differenz rührt von den Fehlern her, die jeder Wägung nothwendig anhängen. Aus diesen Angaben lässt sich nicht nur die procentische Zusammensetzung des Chlorwasserstoffgases, sondern auch die Aequivalentzahl für Chlor berechnen. Wenn, wie schon oft erwähnt, 2 Vol. Wasserstoff = 1 Aequ. angenommen werden, so müssen, weil sich gleiche Vol. Wasserstoff und Chlor im Chlorwasserstoffgas vereinigt finden, auch 2 Vol. Chlor 1 Aeq. desselben bilden. 2 Vol. Chlor bilden also mit 2 Vol. Wasserstoff 4 Vol. Chlorwasserstoff, welche 1 Aequ. repräsentiren.

Aus der Kenntniss des spec. Gewichtes des Schwefelwasserstoffgases und des Wasserstoffgases kann man die Zusammensetzung des Schwefelwasserstoffgases, sowie das Aequivalent des Schwefels berechnen, da man weiss, dass Zinn, unter einem Volum Schwefelwasserstoffgas geschmolzen, sich in Schwefelzinn verwandelt und hiebei ein unverändertes Volum Wasserstoffgas zurücklässt. Im Schwefelwasserstoff verhält sich deswegen die Menge des Schwefels zu der Menge des Wasserstoffgases, wie der Unterschied der spec. Gewichte des Schwefelwasserstoffgases und des Wasserstoffgases sich

verhält zu dem spec. Gewichte des Wasserstoffgases. Das spec. Gewicht des Wasserstoffgases ist 0,0692, das des Schwefelwasserstoffgases (von Gay-Lussac und Thénard durch Versuche nahezu bestätigt) 1,177.

Zieht man von 1 Vol. Schwefelwasserstoff . 1,177
1 Vol. Wasserstoff ab . . 0,0692
so erhält man den in 1 Vol. enthaltenen Schwefel 1,1078.

Um hieraus das durch andere Versuche gefundene Aequivalent des Schwefels zu controliren, setzt man

$$0{,}0692 : 1{,}1078 = \underset{\text{1 Aequ. Wasserstoff}}{1} : S$$

$$S = 16{,}0 = 1 \text{ Aequ. Schwefel.}$$

1 Vol. Schwefeldampf, nahe beim Siedpunkt des Schwefels (440° C.) gewogen, zeigt ein spec. Gewicht von 6,6 (Luft = 1). Bei dieser Dampfdichte ist derselbe braungelb. Mit zunehmender Temperatur wird er dünner und zuletzt farblos. Jenseits 860° C. zeigt das Schwefelgas ein spec. Gewicht von 2,214 und bleibt bei noch weiter (bis auf 1040° C.) gesteigerter Temperatur constant. Will man nun die räumliche Zusammensetzung des Schwefelwasserstoffgases so ausdrücken, dass ein ganzes Volum Schwefelgas in Anwendung kommt, so bestehen — analog dem Wassergas — 2 Vol. aus 2 Vol. Wasserstoffgas = 2 × 0,0692 = 0,1384
und 1 Vol. Schwefelgas . . . . = 2,214 condensirt auf 2 Volume, welche ein Gewicht haben von 2,3524. 1 Volum HS wiegt mithin 1,176, nahezu = dem oben zu 1,177 angegebenen spec. Gewichte desselben.

Oder: 1 Vol. Schwefelwasserstoffgas wiegt (auf das specifische Gewicht des Wasserstoffs = 1 bezogen) 17; hievon in Abzug gebracht das specifische Gewicht des H = 1 (d. h. das Aequivalent desselben) resultirt als Aequivalent des S 16.

Durch blosse Messung — ohne Anwendung der Wage — lassen sich die Analysen des Stickstoffoxyduls und Stickstoffoxyds ausführen.

Man misst ein gewisses Volumen Stickstoffoxydul in einem graduirten Cylinder ab, der über Quecksilber steht und lässt es gleichfalls über Quecksilber in ein sehr starkes, an einem Ende geschlossenes, stumpfwinkelig gebogenes

Glasrohr treten. In dieses bringt man ein Stück Kalium, was am Ende eines Eisendrahtes befestigt ist, und erhitzt nun mit einer Weingeistlampe. Unter sehr lebhaftem Erglühen zersetzt das Kalium das Stickstoffoxydul, es bemächtigt sich des Sauerstoffs und macht den Stickstoff frei. Im Augenblick, wo die Zersetzung gerade Statt findet, muss man das Rohr mit der Hand sehr fest halten, weil es sonst herausgeschleudert würde. Sobald das Rohr erkaltet ist, lässt man das Gas in den graduirten Cylinder zurücktreten, wodurch man erkennt, dass sich das Volum des Gases durch die Zersetzung nicht geändert hat. Daraus ergibt sich, dass das Stickstoffoxydul gerade sein Volum an Stickstoffgas enthält.

Zieht man vom Gewichte eines Volums
Stickstoffoxydul = 1,5·2 4· das Gewicht eines Volums
Stickstoffgases = 0,9 7 1 3 ab, so ergibt sich
0,5 5 2 7 d. h. nahezu die halbe Gasdichte = dem halben spec. Gewicht des Sauerstoffgases = $\frac{1,1056}{2}$
1 Vol. Stickoxydulgas enthält also 1 Vol. Stickstoffgas = 0,9713
und 1/2 Vol. Sauerstoffgas . . . . = 0,5528
1,5241

Die Analyse des Stickstoffoxydgases wird ebenso ausgeführt. Nach der Zersetzung findet man das anfängliche Volum des Stickoxyds auf die Hälfte reducirt. Also enthält 1 Vol. Stickoxydgas 1/2 Vol. Stickstoff. Zieht man von der Dichtigkeit des
Stickstoffoxydgases . . . . 1,0·3 9
die halbe Gasdichte des Stickstoffs, d. h. . . $\frac{0,9713}{2}$ = 0,4 8 6
ab, so bleibt 0,5 5 3
was = der halben Gasdichte des Sauerstoffs $\frac{1,1056}{2}$ ist. 1 Volum Stickoxydgas enthält also
1/2 Vol. Stickstoffgas 0,486 und
1/2 „ Sauerstoffgas 0,553
1,039 ohne Verdichtung.

Die nahe Uebereinstimmung des durch den Versuch gefundenen specifischen Gewichts einer gasförmigen oder in Dampfform zu verwandelnden Verbindung mit dem aus den specifischen Gewichten ihrer Bestandtheile unter Berücksichtigung der Condensation (resp. Volumensänderung) berechneten specifischen Gewichte zeigt an, dass die Verbindung die ihr unterlegte Zusammensetzung in der That besitze.

Das von Gay-Lussac gefundene specifische Gewicht des Wasserdampfes (also das Gewicht eines Volums) beträgt 0,6235. Man weiss, dass 2 Vol. Wasserstoffgas und 1 Vol. Sauerstoffgas unter $^1/_3$ Verdichtung 2 Vol. Wasserdampf bilden.

2 Vol. Wasserstoffgas wiegen 0,1384
1 „ Sauerstoffgas wiegt . . 1,1056

die hieraus entstehenden 2 Vol. Wasserdampf wiegen 1,2440
1 „ „ wiegt mithin 0,622,

welche Zahl nahezu mit der von Gay-Lussac durch die directe Wägung gefundenen übereinstimmt. Man kann hieraus direct die Zusammensetzung des Wassers in 100 Theilen erfahren:

denn $1,244 : 1,1056 = 100 : o$
$o = 88,89\,\%$ Sauerstoff

und $1,244 : 0,1384 = 100 : h$
$h = 11,11\,\%$ Wasserstoff.

Ferner die Aequivalentzahlen seiner Bestandtheile, wenn Wasser $= HO$

$0,1384 : 1,1056 = 1 : O$
$O = 8$, wenn $H = 1$

und $1,1056 : 0,1384 = 100 : H$
$H = 12,5$, wenn $O = 100$.

Oder: 1 Liter Wassergas wiegt bei 0° und 760 Mm. Barometerstand 9 Krith (d. h. 9 in Beziehung auf 1 Liter H = 1), hievon **ab** 1 „ Wasserstoffgas, ergibt

8 Krith für 500 C.-C. Sauerstoff.

67. Welche lehrreichen Schlüsse können gezogen werden aus der Erforschung und dem Studium der Dampfdichte flüchtiger organischer Stoffe?

Die in der 48sten Frage ausgesprochenen Gesetze der Volumverhältnisse lassen das reiche Feld ahnen, welches sich der Forschung und Speculation in dieser Beziehung öffnet.

Das Aequivalent der meisten flüchtigen organischen Verbindungen wird im Dampfzustand durch 4 Vol. repräsentirt, andere bieten schon in 2 Vol. ihr Aequivalent, und für diese fordert die

neue Volumtheorie nach dem Satze: „das Aequivalentvolum jeder flüchtigen organischen Verbindung ist gleich gross und beträgt 4 Volume“ Verdoppelung der Formel. Man kennt bis jetzt keine anderen Verhältnisse, vorausgesetzt, dass man Kieselchlorid u. s. f. = $Si\,Cl_2$ betrachtet.

Um nun etwa zu erfahren, welche Contraction Kohlenstoffdampf, Wasserstoff und Sauerstoff in 1 Vol. Aetherdampf erlitten haben, benützt man Gay-Lussac's Wägung, nach welcher 1 Vol. Aetherdampf (Luft = 1) ein specifisches Gewicht von 2,586 hat. Die chemische Analyse des Aethers hat gelehrt, dass dem Aether die empirische Formel C_4H_5O zukomme. Nun sind nach Frage 65

4 C = 4 Vol.	Kohlenstoffdampf	und wiegen	4 × 0,8292 = 3,3168
5 H = 10 „	Wasserstoffgas	„ „	10 × 0,0692 = 0,6920
O = 1 „	Sauerstoffgas	„ wiegt	1 × 1,1056 = 1,1056
Diese 15 Vol. wiegen also			5,1144

welche Zahl sich zu der von Gay-Lussac durch den Versuch gefundenen nahezu verhält = 2 : 1; denn wenn man sie durch 2 dividirt, so erhält man 2,5572 als berechnetes specifisches Gewicht des Aetherdampfes. Da 2 Vol. Aetherdampf aus 15 Vol. seiner Bestandtheile bestehen, so ist mithin 1 Vol. aus 7½ Vol. der Bestandtheile condensirt.

Dem Alkohol kommt nach S. 40 die empirische Formel $C_4H_6O_2$ zu; wenn die theoretische Dampfdichte hieraus berechnet werden soll, so setzt man:

4 C = 4 Vol.	Kohlenstoffdampf	= 4 × 0,8292	= 3,3168
6 H = 12 „	Wasserstoffgas	= 12 × 0,0692	= 0,8304
2 O = 2 „	Sauerstoffgas	= 2 × 1,1056	= 2,2112
Diese 18 Vol. wiegen zusammen			6,3584

Um die Stärke der Condensation zu erfahren, benützt man die Angabe von Gay-Lussac über die von ihm untersuchte Alkoholdampfdichte 1,602 als Wegweiser. Man sieht sogleich, dass dies specifische Gewicht nahezu 4mal in obiger Summe steckt: denn $\frac{6,3584}{4}$ = 1,5896. Die 18 Vol. der Bestandtheile eines Aequivalents Alkohol haben sich im Alkoholdampf mithin auf 4 Vol. zusammengezogen, 4 Vol. Alkoholdampf repräsentiren 1 Aequ. und in

1 Vol. Alkoholdampf ist 1 Vol. Kohlenstoffdampf, 3 Vol. Wasserstoffgas und $1/_2$ Vol. Sauerstoffgas enthalten, welche $4\,1/_2$ Vol. sich auf 1 Vol. condensirt haben. Die Dampfdichte des Alkohol entspricht den Forderungen Jener, welche als Aequivalent 4 Vol. verlangen. Die Dampfdichte des Aethers entspricht dagegen diesen Forderungen nicht; sein Aequivalent wird deswegen von der neueren Volum-Theorie verdoppelt, anstatt $C_4H_5O = 37$ wird ihm $\left.\begin{matrix} C_2'H_5 \\ C_2'H_5 \end{matrix}\right\} O = 74$ beigelegt.

68. Wie wendet man die Stöchiometrie an, um aus der Analyse eines zusammengesetzten anorganischen Körpers die Anzahl der Aequivalente seiner Bestandtheile zu berechnen?

Es handelt sich bei dieser Frage darum, wie man die durch die Analyse in 100 Theilen oder sonst einer anderen Menge gefundene Zusammensetzung nach stöchiometrischen Gesetzen durch eine Formel ausdrückt: denn die Berechnungen, wie viel Chlor, Schwefelsäure, Kalk, Kali u. s. w. der bei einer Analyse erhaltenen Menge von Chlorsilber, Schwerspath, oxalsaurem Kalk, Chlorkalium u. s. f. entsprechen, sind so einfach, dass eine specielle Anleitung hiezu hier überflüssig erscheint; sie werden durch einfache Proportionen ausgeführt nach Art der Beispiele h — l auf S. 90 u. 91, und gehören deswegen nicht hieher, wie es vielleicht auf den ersten Blick scheinen dürfte.

Um aus dem Resultate der chemischen Analyse einer zusammengesetzten chemischen Verbindung eine Formel aufzustellen, dividirt man die gefundene Menge jedes Bestandtheiles mit seiner Aequivalentzahl. Die hierdurch erhaltenen Quotienten stehen jederzeit in einer einfachen Beziehung zu einander, durch welche Beziehung die relative Anzahl der Aequivalente ausgedrückt ist. Sind die Quotienten z. B. nahezu gleich gross, so ist damit ausgedrückt, dass die Verbindung relativ aus je einem Aequivalente besteht. Sind sie verschieden gross, so dividirt man mit dem kleineren in den grösseren, und die nun er-

haltenen zweiten Quotienten drücken sodann die relative Anzahl der Aequivalente aus.

Als Beispiel eines complicirteren Falles ist etwa aus Thomson's Analyse des Alauns die stöchiometrische Formel des Alauns zu suchen. Thomson fand in 100 Theilen krystallisirten Alauns

Kali	9,86 Thl.
Alaunerde . .	11,09 „
Schwefelsäure .	32,85 „
Wasser . . .	46,20 „
	100,00 Thl.

Der Gehalt an Kali 9,86 dividirt durch das Aequivalent des Kali's 47,0 gibt den Quotienten 0,210;
der Gehalt an Alaunerde 11,09 dividirt durch das Aequivalent der Alaunerde 51,5 gibt den Quotienten 0,215;
der Gehalt an Schwefelsäure 32,85 dividirt durch das Aequivalent der Schwefelsäure 40,0 gibt den Quotienten 0,821;
der Gehalt an Wasser 46,2 dividirt durch das Aequ. des Wassers 9,0 gibt den Quotienten 5,133.

Diese 4 Quotienten stehen nun in einem einfachen Verhältnisse zu einander; man kann sie, da sie alle gleich viel Decimalstellen enthalten, sämmtlich als ganze Zahlen betrachten, ohne dass dadurch ihr Verhältniss zu einander im Geringsten gestört würde. 210 und 215 stehen sich sehr nahe, und man darf sie, wenn man bedenkt, dass bei einer Analyse Verluste und kleine Fehler nie zu vermeiden sind, als gleich gross = 1 : 1 betrachten. Versucht man nun mit dem beim Kali erhaltenen Quotienten 210 den bei der Schwefelsäure erhaltenen 821 zu dividiren, so erhält man nahezu die Zahl 4, und bei der entsprechenden Division des für Wasser erhaltenen Quotienten bekommt man eine 24 wenig übersteigende Zahl. Diese Zahlen 1 1 4 24 geben nun die Zahl der Aequivalente von Kali, Alaunerde, Schwefelsäure und Wasser im Alaun an, d. h.

1	Aequivalent	Kali,
1	„	Alaunerde,
4	„	Schwefelsäure und
24	„	Wasser.

Wie sind nun aber diese Aequivalente untereinander gruppirt? Aus der auf S. 144 u. 145 erörterten Sättigungscapacität der Schwefelsäure ist bekannt, dass in den neutralen schwefelsauren Salzen die Sauerstoffmenge der Säure das Dreifache von der Sauerstoffmenge der Basis beträgt. Dieses Verhältniss zwischen dem Sauerstoff der Säure und dem der Basen findet im Alaun Statt, und derselbe muss daher, obwohl er Lackmus röthet, als ein neutrales Sulfat betrachtet werden. 1 Aequ. Kali enthält 1 Aequ. Sauerstoff, hat also, da 1 Aequ. Schwefelsäure 3 Aequ. Sauerstoff enthält, 1 Aequ. Schwefelsäure nöthig, um neutrales schwefelsaures Kali zu bilden, 1 Aequ. Alaunerde enthält 3 Aequ. Sauerstoff, und hat mithin die übrigen 3 Aequ. Schwefelsäure nöthig, um ein Neutralsalz zu bilden. Der Alaun ist daher nach der bisherigen Betrachtungsweise eine chemische Verbindung von 1 Aequ. schwefelsauren Kali's mit 1 Aequ. schwefelsaurer Alaunerde und enthält 24 Aequ. Wasser, welche sich durch ihr chemisches Verhalten sämmtlich als bloses Krystallwasser ausweisen; seine Formel ist mithin

$$KO, SO_3 + Al_2O_3, 3SO_3 + 24 \text{ aq}$$

oder nach Berzelius' Bezeichnungsweise

$$\dot{K}\dddot{S} + \dddot{\underline{Al}}\dddot{S}_3 + 24 \text{ aq}$$

Um über die Rolle, welche das Wasser in einer Verbindung spielt, in's Klare zu kommen, d. h. um zu erfahren, ob das Wasser Hydrat- oder Halhydrat- oder Krystallwasser sei, muss man das chemische Verhalten der Verbindung nach allen Richtungen genau studiren.

Da die Aequivalentzahl eines zusammengesetzten Körpers durch Summiren der Aequivalente seiner Bestandtheile erhalten wird, so ergibt sich 474,5 als Aequivalentzahl des Alauns: denn

1 Aeq. Kali . . . . . =	47,0	oder 1 Aeq. schwefels. Kali =	87,0
1 „ Alaunerde . . =	51,5	1 „ „ Alaunerde =	171,5
4 „ Schwefelsäure =	160,0	24 „ Wasser . . . . =	216,0
24 „ Wasser. . . . =	216		
geben die Summe . .	474,5		474,5

Dies ist die nach unserer jetzigen Kenntniss der Aequivalentzahlen berechnete Zusammensetzung des Alauns, welche jedenfalls der Wahrheit näher steht, als die vorhin für 100 Theile angeführte

Analyse Thomson's: denn die berechnete ist basirt auf die Aequivalentzahlen, die der scharfsinnige Berzelius und alle Chemiker, welche in seine Fusstapfen getreten sind, durch die die genauesten Resultate zulassenden Versuche erforscht hat. Da die Analyse aller Verbindungen nicht mit gleicher Schärfe angestellt werden kann, so sucht der Chemiker nämlich mittelst der Aequivalentzahlen die bei der Analyse gewisser Körper zu erhaltende höchste Schärfe auf möglichst viele überzutragen.

Aus der zu 474,5 berechneten Aequivalentzahl des Alauns kann man beurtheilen, in wie weit Thomson's Analyse richtig ist. Man sucht die Menge jedes Bestandtheiles in 100 Theilen Alauns:

Aequ. des Alauns Aequ. des Kali's

474,5 : 47,0 = 100 : k

k = 9,905 Thl.

Aequ. d. Alaunerde

474,5 : 51,5 = 100 : al

al = 10,853 „

4 Aeq. Schwefelsäure

474,5 : 160,0 = 100 : s

s = 33,720 „

24 Aequ. Wasser

474,5 : 216 = 100 : w

w = 45,522 „

und stellt nun zur übersichtlichen Vergleichung die Analyse neben die aus der Stöchiometrie für sie hervorgehende Correction:

	Thomson's Analyse gab:	Corrigirt stellt sie sich heraus:
Kali	9,86	9,905
Alaunerde . .	11,09	10,853
Schwefelsäure	32,85	33,720
Wasser . . .	46,20	45,522
	100,00	100,000

Die relative Anzahl der Aequivalente einer Verbindung lässt sich auf die angeführte Weise leicht finden; die absolute Anzahl, das Aequivalent der Verbindung selbst, steht in einem einfachen Verhältnisse zu jener und wird bei Verbindungen, die chemisch nicht

indifferent sind, durch Erforschung der Menge gefunden, mit welcher sie an andere Körper zu weiteren Verbindungen treten, oder welche zur Zersetzung durch die Aequivalente anderer Verbindungen nöthig ist. Als Aequivalent eines Salzes betrachtet man die Summe der Aequivalente der darin enthaltenen einfachen Stoffe. Die chemische Formel eines Salzes drückt also auch sein Aequivalent aus: denn der Versuch ergibt wie beim Alaun, so bei allen Doppelsalzen, dass die einfachen Salze, wo sie Doppelsalze bilden, geradezu in dem Verhältniss ihrer Aequivalentzahlen oder in Multiplen derselben nach einfachen Zahlen sich vereinigen.

69. Wie wendet man die Stöchiometrie an, um aus den — behufs der Elementaranalyse eines organischen Körpers — durch Verbrennung mit Kupferoxyd erhaltenen Mengen von Kohlensäure und Wasser den Gehalt an Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zu berechnen?

Da bei Anwendung der gehörigen Vorsichtsmassregeln der ganze Wasserstoffgehalt der analysirten organischen Substanz in Wasser und der ganze Kohlenstoffgehalt in Kohlensäure verwandelt wird, und jenes in der Chlorcalciumröhre, diese im Kaliapparate bleibt, so zeigt die Gewichtszunahme der Chlorcalciumröhre die Menge des entstandenen Wassers, und die Gewichtszunahme des Kaliapparats die Menge der entstandenen Kohlensäure an. Aus dem durch die Analyse erhaltenen Wasser und aus der erhaltenen Kohlensäure findet man nun durch folgende Proportionen den Gehalt an Wasserstoff und Kohlenstoff:

HO		H		Menge des erhaltenen Wassers		
9,0	:	1	=	w	:	x

x = dem Gehalte an Wasserstoff.

CO_2		C		Menge der erhaltenen Kohlensäure		
22	:	6	=	ko	:	y

y = dem Gehalte an Kohlenstoff.

Den Gehalt an Sauerstoff erfährt man, wenn man die Summe der übrigen Bestandtheile von der Menge des der Elementaranalyse unterworfenen Körpers abzieht: die hiebei sich ergebende Differenz zeigt bei gut geleitetem Verfahren den Gehalt an Sauerstoff an.

70. Welche Methode benützt man zur quantitativen Bestimmung des Stickstoffs in einer organischen Verbindung mittelst Wägung?

Man benützte früher allgemein und jetzt noch in den Fällen, welche die zweite sogleich anzuführende Methode nicht zulassen, zur quantitativen Bestimmung des Stickstoffs die Messung des beim Verbrennen der Verbindung erhaltenen Stickstoffgases, weswegen man die Oxydation des Stickstoffes ganz und gar zu verhindern suchte. Da aber später zur Bestimmung des Stickstoffs in salpetersäurefreien organischen Körpern ein Verfahren von Will und Varrentrapp aufgefunden wurde, den Stickstoff durch Wägung zu bestimmen, wobei eine stöchiometrische Rechnung in Anwendung kommt, so muss dies hier erwähnt werden.

Die stickstoffhaltige Substanz wird mit einem Gemenge von Natronhydrat und Kalkhydrat geglüht, wodurch sich aller Stickstoff in Ammoniak verwandelt, welches man sorgfältig in einem mit verdünnter Salzsäure gefüllten Kugelapparat auffängt und durch Zusatz von Platinchlorid in Platinsalmiak verwandelt. Aus dem Gewichte dieses wird die Menge des Stickstoffs berechnet nach der Proportion:

$NH_4Cl + PtCl_2$		N		die erhaltene Menge Platinsalmiak		
223,5	:	14,0	=	ptsl	:	n

n = Gehalt an Stickstoff.

Man kann auch den Platinsalmiak durch Glühen zu metallischem Platin reduciren, womit dann die Proportion gegeben ist:

		N		die durch Glühen des Platinsalmiaks erhaltene Menge Platin		
	:	14,0	=	pt	:	n

n = Gehalt an Stickstoff.

71. Wie verfährt man, um aus der Analyse eines organischen Körpers die Anzahl der Aequivalente seiner Bestandtheile zu berechnen?

Man verfährt ebenso, wie bei der Berechnung der Aequivalentenanzahl aus der Analyse eines unorganischen Körpers, d. h. man dividirt die in 100 Theilen oder irgend einer anderen Menge des untersuchten organischen Körpers gefundenen Mengen von Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Phosphor, Schwefel durch die treffenden Aequivalentzahlen C H O N u. s. f., und erkennt nun aus dem relativen Verhältnisse der Quotienten die relative Anzahl der Aequivalente.

Die absolute Anzahl kann man indessen zuverlässig nur bei den als Säuren oder Basen sich verhaltenden und daher sichere chemische Verbindungen eingehenden organischen Körpern erforschen, weniger zuverlässig bei jenen, welche sich mit anderen Körpern in mehreren Verhältnissen verbinden, ohne dass man leicht entscheiden könnte, welche Verbindung die neutrale sei. Bei indifferenten Körpern dagegen hat man kein Kriterium, um die absolute Anzahl der Aequivalente zu erforschen.

Ein solcher indifferenter Körper ist z. B. der Milchzucker. Liebig fand in 100 Theilen desselben:

Kohlenstoff	40,13
Wasserstoff	6,76
Sauerstoff	53,11
	100,0

40,13 dividirt durch die Aequivalentzahl des Kohlenstoffs 6 gibt den Quotienten 6,688;

6,76 dividirt durch das Aequivalent des Wasserstoffs 1 gibt den Quotienten 6,760;

53,11 dividirt durch das Aequivalent des Sauerstoffs 8 gibt den Quotienten 6,639.

Man sieht leicht, dass diese Quotienten sich nahe verhalten wie 1 : 1 : 1; man kann daher annehmen, dass der Milchzucker aus 1 Aequ. Kohlenstoff, 1 Aequ. Wasserstoff und 1 Aequ. Sauerstoff bestehe. Da es aber andere Zuckerarten gibt, die sich gegen

Bleioxyd, Kalk u. s. w. wie Säuren verhalten, d. h. mit diesen Basen sich in unveränderlichen Verhältnissen verbinden, und da hiernach das Aequivalent (die absolute Anzahl der Aequivalente der Bestandtheile) dieser Zuckerarten durch eine Formel ausgedrückt werden muss, welche 12 Aequ. Kohlenstoff enthält, so pflegt man hauptsächlich wegen der Aehnlichkeit des Milchzuckers mit Rohr- und Traubenzucker seine Formel als $C_{12} H_{12} O_{12}$ zu schreiben. Noch besser wird man ihm, da er beim Erwärmen auf 130° C. 1 Aequ. Wasser verliert, da ferner, nachdem es auf Umwegen gelungen ist, ihn mit Metalloxyden zu verbinden, die Kupferoxydverbindung in der That durch $Cu O, C_{12} H_{11} O_{11}$ ausgedrückt werden muss, die Formel $C_{12} H_{11} O_{11} + aq$ geben. Die ihm hienach zukommende Aequivalentzahl ist 180,0 (nicht 189, wie es auf S. 69 Z. 12 von oben steht). Wenn man hieraus — als Controle für die Analyse — die Zusammensetzung von 100 Theilen Milchzucker berechnet, so stellt sich heraus

$$\begin{aligned} &\phantom{180 : {}}\overset{12\,C}{} \quad\quad \text{Thl.} \\ &180 : 72 = 100 : x \\ &\qquad\qquad\qquad x = 40{,}0 \text{ Thl. Kohlenstoff} \\ &\phantom{180 : {}}12\,H \\ &180 : 12 = 100 : y \\ &\qquad\qquad\qquad y = 6{,}666 \text{ Thl. Wasserstoff} \\ &\phantom{180 : {}}12\,O \\ &180 : 96 = 100 : z \\ &\qquad\qquad\qquad z = 53{,}333 \text{ Thl. Sauerstoff} \\ &\qquad\qquad\qquad \text{in } 99{,}999 \text{ Thl. Milchzucker.} \end{aligned}$$

Bei organischen Körpern dagegen, welche chemische Verbindungen eingehen, lässt sich die Aequivalentzahl und mithin die absolute Anzahl der Aequivalente ihrer Bestandtheile erforschen:

1) Hat man es mit einer Säure zu thun, so bestimmt man das Aequivalent derselben durch die Analyse ihres Silbersalzes oder eines anderen Salzes. Da die Silbersalze in der Regel wasserfrei sind und beim Glühen metallisches Silber hinterlassen, so erfährt man den Gehalt des Salzes an wasserfreier Säure und daraus die Aequivalentzahl der Säure, wenn man von dem angewandten

Gewichte des Salzes die zurückbleibende Menge des Silbers nebst der äquivalenten Menge Sauerstoffes, dasselbe in Oxyd zu verwandeln, abzieht. — Jedenfalls müssen vorher die chemischen Verhältnisse der Säure vollständig erforscht sein; namentlich muss man im Klaren sein, ob man es mit einer ein- oder mehrbasischen Säure zu thun habe, ehe man zur Bestimmung der Aequivalentzahl schreitet.

Auf gute Gründe gestützt nimmt man an, die Benzoësäure sei eine einbasische Säure, ihr Silbersalz bestehe daher aus 1 Aequ. Benzoësäure und 1 Aequ. Silberoxyd: 100 Thl. benzoësaures Silberoxyd hinterlassen nach dem Glühen 47,155 Thl. metallisches Silber. Aus der Zusammensetzung des Silberoxyds berechnet man, auf wie viel Silberoxyd die so eben genannte Menge Silber schliessen lasse, und findet

$$\begin{array}{ccc} Ag & AgO & \text{Silber} \\ 108 : & 116 = & 47{,}155 : x \end{array}$$

in x 50,648 Theile Silberoxyd, welche mit
49,352 Thl. wasserfreier Benzoësäure

100,0 Theile benzoësaures Silberoxyd

bilden. Das Aequivalent der wasserfreien Benzoësäure sucht man nun durch

$$50{,}648 : 49{,}352 = \overset{AgO}{116} : \overline{Bz}$$

und findet dasselbe in $\overline{Bz}$ mit der Zahl 113,0. Hiemit ist die eine Seite der Aufgabe gelöst.

Die andere Seite erheischt, die relative und absolute Anzahl der Aequivalente der Bestandtheile zu suchen.

Liebig und Wöhler fanden in 100 Theilen Benzoësäure — so wie sie an Basen gebunden ist —

74,43 Thl. Kohlenstoff,
4,34 „ Wasserstoff
und folglich 21,23 „ Sauerstoff.

Durch Proportionen berechnet man aus dieser procentischen Zusammensetzung die Zusammensetzung von 113 Theilen (der vorhin gefundenen Aequivalentzahl) der Benzoësäure:

Man findet:

$100 : 74{,}43 = 113 : x$

$x = 84{,}1059$ Thl. Kohlenstoff

$100 : 4{,}34 = 113 : y$

$y = 4{,}9042$ „ Wasserstoff

$100 : 21{,}23 = 113 : z$

$z = 23{,}9899$ „ Sauerstoff

$\overline{113{,}0}$

Man erfährt nun die relative und absolute Anzahl der Aequivalente der Bestandtheile durch eine einzige Division, wenn man diese Gewichte der Bestandtheile eines Aequivalentes Benzoësäure durch die entsprechenden Aequivalentzahlen dividirt:

Menge des Kohlenstoffs in 1 Aequ. Benzoësäure		C		
84,1059	:	6 = 14,0		= 14 Aequ. C
Menge des Wasserstoffs in 1 Aequ. Benzoësäure		H		
4,9042	:	1 = 4,904	d. h. nahezu	5 Aequ. H
Menge des Sauerstoffs in 1 Aequ. Benzoësäure		O		
23,9899	:	8 = 2,99	d. h. nahezu	3 Aequ. O

Die Formel der wasserfreien Benzoësäure ist daher $C_{14}H_5O_3$.

2) Geht dagegen die organische Substanz chemische Verbindungen mit Säuren ein, und verhält sie sich daher wie eine Base, so hat man zwar mehrere Methoden, ihre Aequivalentzahl und mithin die absolute Anzahl der Aequivalente ihrer Bestandtheile zu erfahren; am besten aber benützt man hiezu das Resultat der Forschungen Liebig's, dass alle Doppelverbindungen der an Salzsäure gebundenen organischen Basen mit Platinchlorid analog zusammengesetzt sind dem Platinsalmiak (S. 42), d. h. dass diese Doppelverbindungen sämmtlich wasserfrei sind und aus 1 Aequ. salzurer organischer Basis und 1 Aequ. Platinchlorid bestehen. Beim hen hinterlassen diese Doppelsalze 1 Aequ. (99,0) metallisches , aus dessen Gewicht man die Aequivalentzahl des Doppelsalzes lernt. Zieht man von dieser die Aequivalentzahl des Platin- und die Aequivalentzahl der Salzsäure ab, so erhält man valentzahl der organischen Basis.

Als Beispiel möge das Morphin dienen: 0,784 Gramm des Doppelsalzes von salzsaurem Morphin und Platinchlorid hinterliessen beim Glühen 0,158 Gramm metallischen Platins; das Aequivalent des Doppelsalzes ist also = 491,5: denn

Durch Glühen der angewandten Menge des Doppelsalzes erhaltenes Platin		Angewandte Menge des Doppelsalzes		Aequivalent des Pt		Aequivalent des Doppelsalzes
0,158	:	0,784	=	99,0	:	x
						x = 491,5

Zieht man hievon 1 Aequ. Platinchlorid	= 170,0 ab,
so erhält man 1 Aequ. wasserfreies salzs. Morphin	= 321,5
Zieht man ferner ab 1 Aequ. Salzsäure	= 36,5
so erhält man 1 Aequ. Morphin	= 285,0

72. Was versteht man unter indirecter Analyse?

Indirect, im strengen Sinne des Wortes, sind eigentlich die meisten Analysen: denn wenn man z. B. die an Wasserstoff oder Calcium oder Kalium u. s. f. gebundene Menge Chlor kennen lernen will, sucht man nicht das Chlor im freien Zustande darzustellen, sondern man versetzt es in eine Verbindung, welche leicht und zuverlässig erhalten und genau gewogen werden kann; da für Chlor seine Verbindung mit Silber es ist, aus welcher seine Menge mit einer Präcision, wie sie bei chemischen Analysen überhaupt je möglich ist, bestimmt werden kann, so bedient man sich des Umweges, das Chlor an Silber zu binden, überall, wo man es quantitativ zu bestimmen hat. Es liegt namentlich nahe, unter indirecter Analyse alle jene sinnreichen Methoden zu verstehen, welche die Stöchiometrie — zur Umgehung oder Controle unsicherer Scheidungen — der chemischen Analyse zu bieten im Stande ist. Es würde zu weit führen, Beispiele dieser Art genau zu erörtern; die Andeutung Eines statt vieler genüge. Um zu ergründen, wie viel an Basen gebundene Kohlensäure in einem Mineralwasser enthalten sei, welches neben kohlensauren Salzen freie Kohlensäure hat, verwandelt man die kohlensauren Salze durch Zusatz von überschüssiger Salzsäure in Chlormetalle, beseitigt durch Abdampfen und schwaches Glühen (so dass die entstandenen schwächeren Chlormetalle noch unzersetzt bleiben) die überschüssige Salzsäure, und bestimmt nun in dem wieder gelösten Salzrückstande den Chlorgehalt auf die gewöhnliche Weise. Wenn man von diesem Chlorgehalte den ursprünglichen Gehalt des Wassers an Chlor — resp. Chlormetallen — abzieht, so erfährt man die Menge des Chlors, welche der gebundenen Kohlensäure entspricht: denn 1 Aequ. Chlor verhält sich zu 1 Aeq. und zu 2 Aequ. Kohlensäure, wie sich der gefundene Chlorüberschuss verhält zu der zu suchenden Menge gebundener Kohlensäure in einfach und in doppelt kohlensauren Salzen. Die so gefundene Menge gebundener Kohlensäure, abgezogen von dem auf andere Weise bestimmten ganzen Kohlensäuregehalte des Wassers, zeigt nun auch die Menge der freien Kohlensäure an.

Es gibt zuweilen Fälle in der Chemie, in welchen genaue Trennungen behufs der Analyse auf keine Weise ausführbar sind.

In diesen Fällen bedient man sich einer Methode, welche die Möglichkeit zulässt, aus einigen leicht zu erforschenden Gewichtsbestimmungen auf arithmetischem Wege das zu ergründen, was durch die Analyse nicht erreichbar ist. Dieses arithmetische Verfahren heisst nun vorzugsweise indirecte Analyse, und wird bei schwer zu analysirenden Verbindungen mit sehr verschieden grossen Aequivalentzahlen angewandt; es kann indessen auch als Controle der Analyse solcher Verbindungen mit 2 Basen, 2 Säuren u. s. f. dienen, welche schon an und für sich ein genaues Resultat der Analyse zulassen.

Diese Methode kann allgemein durch eine arithmetische Formel ausgedrückt werden; da indessen der Katechismus zunächst für Solche, die sich früher nicht mit Arithmetik beschäftigt hatten, bestimmt ist, so soll nicht eine allgemeine Formel, sondern nur ein Beispiel vorgeführt werden, bei welchem man auf ähnlichem Umwege zum Resultate gelangt.

Damit dieses Beispiel durch und durch klar erscheine, sind die Fragen 14—17 incl. vorausgeschickt.

Kali ist von Natron nur schwierig und in keinem Falle genau zu scheiden; wo beide an eine und dieselbe Säure gebunden vorkommen und ihre Menge bestimmt werden soll, ist z. B. obiger Ausweg erwünscht.

Man habe etwa ein Gemenge von schwefelsaurem Kali und wasserfreiem schwefelsaurem Natron vor sich, dessen Gewicht 1,25 Gramm beträgt und dessen Schwefelsäuregehalt (durch Fällung mittelst eines Barytsalzes) zu 0,65625 Gramm gefunden worden ist. Aus diesen beiden Daten kann nun berechnet werden, wie viel schwefelsaures Kali und wie viel wasserfreies schwefelsaures Natron in jenen 1,25 Gramm enthalten sei.

Die Menge der beiden Basen zusammen erhält man, wenn man vom Gewichte des ganzen Salzgemenges das Gewicht des ganzen Schwefelsäuregehaltes abzieht; die Basen betragen daher 1,25 — 0,65625 Gramm = 0,59375 Gramm. Wir haben hier vier unbekannte Grössen: nämlich die Menge des Kali's, welche wir mit k bezeichnen wollen; die Menge des Natrons n; die Menge der an k gebundenen Schwefelsäure s; und endlich die Menge der an n gebundenen Schwefelsäure s', welches $s' = 0,65625 - s$

SO_3 KO
$40 : 47{,}0 = s : k$

$$k = \frac{47\ s}{40}$$

SO_3 NaO
$40 : 31 = s' : n$

$$n = \frac{31\ s'}{40} = \frac{31\ (0{,}65625 - s)}{40}$$

(indem $s' = 0{,}65625 - s$)

Da $k + n = 0{,}59375$ Gramm ist, so erhält man, wenn man für k und n ihre so eben gefundenen Resultate in s setzt, die Gleichung

$$0{,}59375 = \frac{47\ s}{40} + \frac{31\ (0{,}65625 - s)}{40}$$

woraus endlich folgt (die Auflösung sehe man auf S. 14):

$$s = \frac{40 \times 0{,}59375 - 31 \times 0{,}65625}{47 - 31}$$

$s = 0{,}21289$ Gramm Schwefelsäure, welche an Kali gebunden ist; zieht man diese von der ganzen Säuremenge = 0,65625 Gr. ab, so erhält man die an Natron gebundene Schwefelsäure $s' = 0{,}44336$ Gramm.

Jenen 0,21289 Gramm Schwefelsäure entsprechen 0,250146 Gramm Kali: denn

SO_3 KO s
$40 : 47 = 0{,}21289 : k$

$k = 0{,}250146$ Gramm Kali's,
welche mit 0,21289 Gramm Schwefelsäure

0,463036 Gramm KO, SO_3 geben.

$s' = 0{,}44336$ Gramm Schwefelsäure entsprechen 0,343604 Gramm Natron: denn

SO_3 NaO s'
$40 : 31 = 0{,}44336 : n$

$n = 0{,}343604$ Gramm Natron,
welche mit 0,44336 Gramm Schwefelsäure

0,786964 Gramm schwefelsaures

Natron bilden.

In 1,25 Gramm jenes Salzgemenges sind demnach enthalten:
0,463036 Gramm schwefelsaures Kali und
0,786964 „ „ Natron
= 1,25 Gr. Dies ist ein Resultat durch die „indirecte Analyse", wie es durch die directe nie so genau erreicht werden könnte.

Solche Berechnungen treten dem wahren Thatbestand um so näher, je grösser der Unterschied in den Aequivalentzahlen der zu berechnenden Körper ist, je schärfer die als bekannt zu gebenden Mengen (im vorliegenden Falle das Salzgemenge und der Schwefelsäuregehalt) bestimmt werden können, und je weniger verschwindend die Menge der einen Basis gegen die der anderen ist.

73. Welchen für die Aequivalentenlehre wichtigen Umstand enthält das elektrolytische Gesetz?

Unter vielen anderen, die Einsicht in die Wirkung der Contactelektricität (des Galvanismus) fördernden Entdeckungen machte Faraday auch die, dass bei der Zersetzung von Körpern durch den galvanischen Strom die Menge der ausgeschiedenen Elemente zu der Menge des unter Vermittlung des galvanischen Stroms in der Säure aufgelösten Zinks sich verhalte, wie die Aequivalentzahlen der ausgeschiedenen Körper zu der Aequivalentzahl des Zinks. Bei gewöhnlichen Versuchen findet man freilich häufig, dass mehr Zink consumirt wird, als man nach der hier ausgesprochenen Erfahrung vermuthen sollte; dies rührt indessen blos davon her, dass wegen der vielen Berührungspunkte, die das Zink der Säure darbietet, viel Zink aufgelöst wird, ohne dass die dabei frei werdende elektromotorische Kraft sich vollständig gegen den gewünschten Punkt richtet. Will man genau beobachten, so muss mit Quecksilber amalgamirtes Zink zur Erregung des Stromes angewandt werden. Wenn also Wasser, Chlorsilber, Chlorblei, Chlorzinn, schwefelsaures Kupferoxyd u. s. f. durch einen galvanischen Strom zersetzt wird, zu dessen Erregung 32,5 Thl. Zink consumirt werden, so werden hiebei einerseits 1 Thl. Wasserstoff, 108 Thl. Silber, 103,5 Thl. Blei, 59 Thl. Zinn, 31,7

Thl. Kupfer, andererseits 8 Thl. Sauerstoff, 35,5 Thl. Chlor frei oder abgeschieden.

Wenn derselbe elektrische Strom durch 4 Zerlegungszellen geleitet wird, von denen die erste Wasser, die zweite Chlorsilber, die dritte Chlorblei, die vierte Chlorzinn, Alles im flüssigen Zustande enthält, so verhalten sich die an den vier negativen Polen abgeschiedenen Quantitäten von Wasserstoff, Silber, Blei, Zinn, wie 1 : 108 : 103,5 : 59, während die an den positiven Polen abgeschiedenen Mengen von Sauerstoff und Chlor im Verhältniss von 8 : 35,5 stehen. Man sieht leicht, dass alle diese Zahlen den Aequivalentzahlen entsprechen.

Das elektrolytische Gesetz lehrt, dass derjenige elektrische Strom, welcher die Zerlegung (Elektrolyse) eines Aequivalents Wasser zu bewirken vermag, auch von einem anderen überhaupt zersetzbaren Körper je ein Aequivalent zerlegt.

Es lehrt ferner, dass, wenn eine chemische Verbindung durch den galvanischen Strom zersetzt wird, die in gleichen Zeiten sich abscheidenden Gewichtsmengen der Bestandtheile sich verhalten, wie ihre Aequivalentzahlen.

Die Anhänger der Atomgewichtszahlen müssen beisetzen: „oder wie die Quotienten aus ihren Atomgewichten dividirt durch ihre Werthigkeit".

Die elektrochemischen Aequivalente sind somit identisch mit den chemischen, und die elektrolytische Aequivalenz ist gleich der chemischen Aequivalenz.

74. Wie bedient man sich der Logarithmen bei stöchiometrischen Rechnungen?

Wie schon in Frage 20 (S. 16) bemerkt wurde, setzt diese Rechnungsweise die Bekanntschaft mit dem Gebrauche der Logarithmentafeln und die Kenntniss verschiedener Eigenschaften der Logarithmen voraus. Um dann z. B. die Gleichung auf S. 87 nach x zu lösen, verwandelt sich bei Anwendung der treffenden Logarithmen die Multiplication in eine Addition, die Division in eine Subtraction, was, wie aus Folgendem ersehen, wenn auch nicht begriffen werden kann, gewiss eine bedeutende Erleichterung und Vereinfachung der Rechnung ist:

Hg Cl Hg
135,5 : 100,0 = 100 Gramm : x

$$x = \frac{100 \times 100}{135,5}$$

Nun sucht man vorerst den Logarithmus von x auf folgende Weise:

$$\lg x = \lg \frac{100 \times 100}{135,5}$$

$$\lg x = \lg 100 + \lg 100 - \lg 135,5$$

Mit Hilfe der Vega'schen Logarithmentafeln findet man:

lg 100 = 2,0
lg 100 = 2,0

Sie geben die Summe 4,0
Hievon ab lg 135,5 = 2,1319393

gibt lg x = 1,8680607

Hierauf sucht man umgekehrt in den Logarithmentafeln aus diesem Logarithmus die Zahl, wodurch man x selbst im num (lg 1,8680607) = 73,8 Gr. Quecksilber übereinstimmend mit S. 87 findet.

Dort ist dieselbe Proportion auch mit den in Beziehung auf O = 100 genommenen Aequivalentzahlen berechnet, weswegen auch diese Ausrechnung mit Logarithmen hier folgen mag:

Hg Cl Hg
1693,75 : 1250,0 = 100 Gramm : x

$$\lg x = \lg \frac{1250,0 \times 100}{1693,75}$$

lg 1250,0 = 3,09691
+ lg 100 = 2,0

5,09691
— lg 1693,75 = 3,2288493

lg x = 1,8680607

num (log 1,8680607) = 73,8 Gramm. Ein Blick auf S. 88 zeigt, dass dort durch die gewöhnliche Lösung beider Proportionen mittelst Multiplication der beiden bekannten mittleren Glieder und Division des Products durch das bekannte äussere Glied gleichfalls x = 73,8 Gramm Quecksilber gefunden worden ist.

Grösseren Werken über analytische Chemie, z. B. Heinrich Rose's ausführlichem Handbuche, Fresenius's quantitativer Analyse u. s. w. sind für fast alle erdenklichen Fälle der Analyse Tafeln beigefügt, welche aus jeder beliebigen Gewichtsmenge der durch die Analyse gefundenen Körper die „zu suchenden", alle möglicherweise „gefragten" durch blosse Addition finden lassen. Diese Tabellen sind zwar mit Hilfe der Logarithmen hergestellt, aber der sie Benützende hat mit Logarithmen selbst dabei nicht zu thun. Die Anwendung dieser Tabellen ist einfach und in den einschlägigen Lehrbüchern genau beschrieben; eine Täuschung oder Irrung ist bei genauer Befolgung der dabei vorgeschriebenen Directiven nicht denkbar.



Register.

Druckfehler.

S. 40 Z. 10 u. 11 v. o. lies die Aequivalentzahl des Alauns 258,5 u. 474,5 statt 258,7 u. 474,7

S. 40 Z. 13 v. o. lies die Aequivalentzahl des Chromalauns 499,0 statt 499,6

S. 46 Z. 5 v. o. lies die Aequivalentzahl des Chromgelbs 161,5 statt 161,7

S. 59 Z. 7 v. o. lies MnO, SO_3 statt MnO, S_3

S. 69 Z. 12 v. o. lies die Aequivalentzahl des Milchzuckers 180,0 statt 189,0

S. 161 Z. 5 v. u. ist im Worte „so“ das o ausgeblieben.







